

Band 9

DIE STABILISIERUNG DER FLUGZEUGE

VON

C. WALTHER VOGELSANG
Ingenieur





Berlin-Charlottenburg 2 / C. J. E. Volckmann Nachf. G. m. b. H.
1917

SCHILD-
BERGER



PALLAS VERGASER
CHARLOTTENBURG 4 WILME

Die Stabilisierung der Flugzeuge

von

C. Walther Vogelsang

Volckmanns Bibliothek für Flugwesen Bd. IX
Herausgeber: Gustav E. Macholz

Die Stabilisierung der Flugzeuge

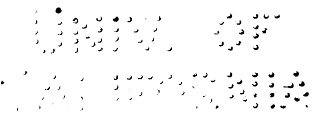
von

C. Walther Vogelsang
Ingenieur

Mit 70 Abbildungen



Berlin-Charlottenburg 2
C. J. E. Volckmann Nachf. G. m. b. H.
1917.





Inhaltsverzeichnis.

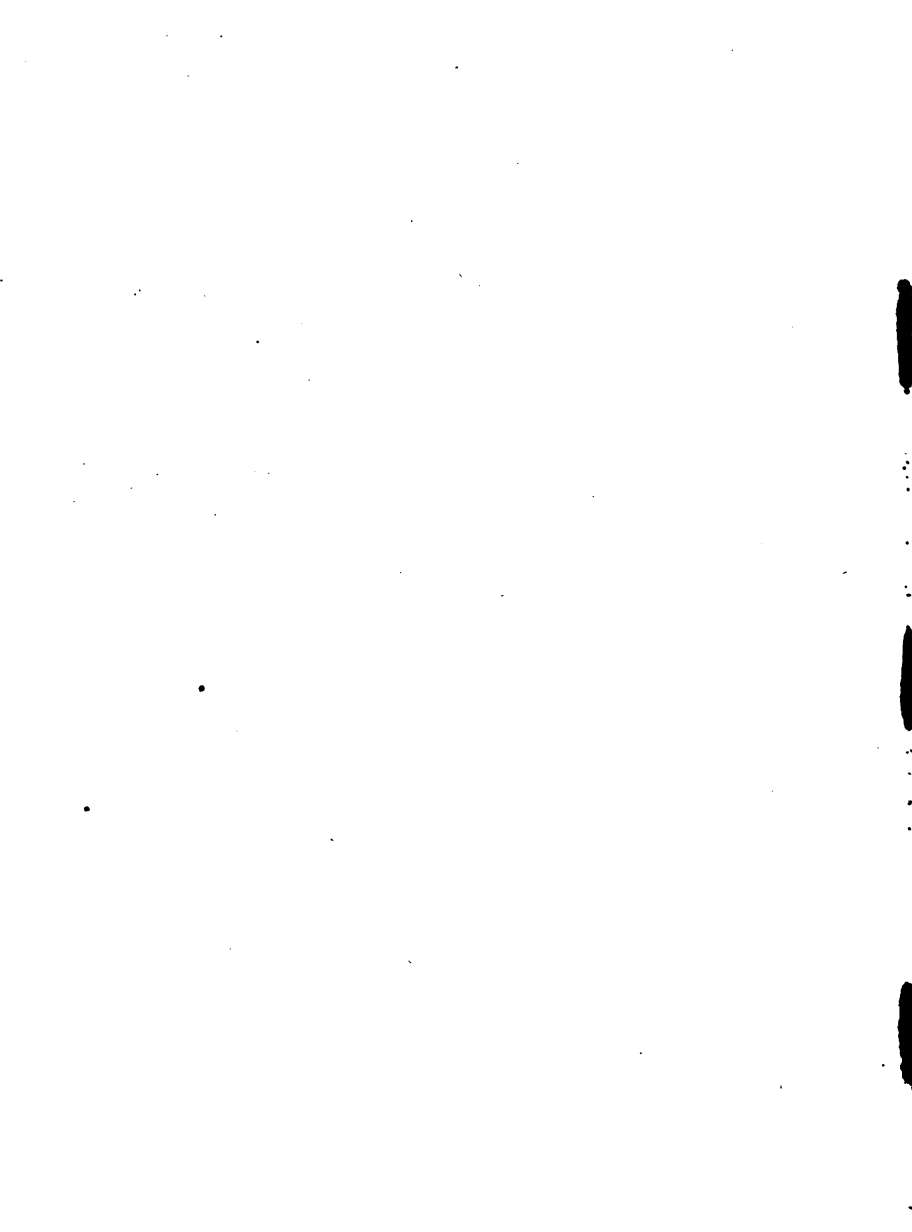
Vortwort.

Das Flugzeug ist erfunden. Es gilt nur noeh, die Maschine in ihren Einzelheiten zu verbessern. Hier macht sich die Notwendigkeit bemerkbar, in erster Linie die Sicherheit des Fluges durch Lösen der Stabilisierungsfrage zu erhöhen. Alles weitere Wünschenswerte ergibt sich alsdann von selbst.

Nachdem auch die Militärverwaltungen diese Notwendigkeit erkannt und teilweise sehr hohe Preise für als in hohem Grade stabil anzusprechende Flugzeuge oder Stabilisierungsvorrichtungen ausgesetzt hatten, beschäftigten sich eine große Zahl Erfinder mit diesem Problem, einem der schwierigsten und interessantesten der gesamten Flugtechnik. Nichtsdestoweniger aber ist schon seit dem Beginn des künstlichen Fluges an dem Problem gearbeitet worden und es sind Vorrichtungen gebaut worden, die mehr oder weniger dem Ziele nahe kommen. In vorliegender Arbeit habe ich die hauptsächlisten Versuche summiert und will ich damit den Leser, der sich für die Stabilisierungsfrage interessiert, Beispiele vorführen, aus denen er entnehmen kann, nach welcher Richtung hin ein Arbeiten aussichtsreich erscheint.

Berlin, Februar 1917.

C. Walther Vogelsang.



Die Flächenwölbung

Die Stabilität einer Fläche oder eines Flugzeuges wird am einfachsten durch die Wölbung, die äußere Form und die Stellung der Fläche zur Flugrichtung

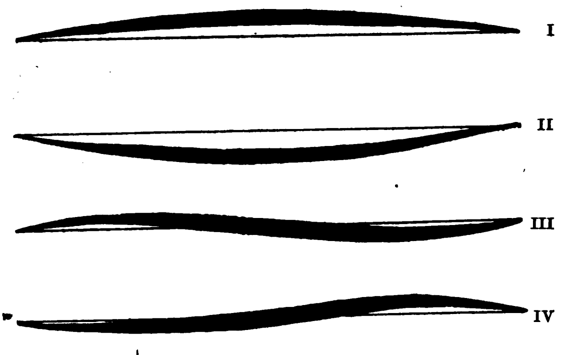


Abb. 1.

erzielt. Die bekannteste Tragflächenform ist die dem Zanoniasamen nachgebildete, die in genauer Nachbildung wohl außerordentlich stabil, dafür aber nur gering tragfähig ist. Ebenso verhält es sich mit den in Abb. 1, I—IV abgebildeten Profilen. Die in Abb. 2, I—IV wieder-

gegebenen haben in der Praxis nicht nur eine gute Stabilität, sondern auch eine große Tragfähigkeit erwiesen, wobei sich erstere noch durch eine nach oben

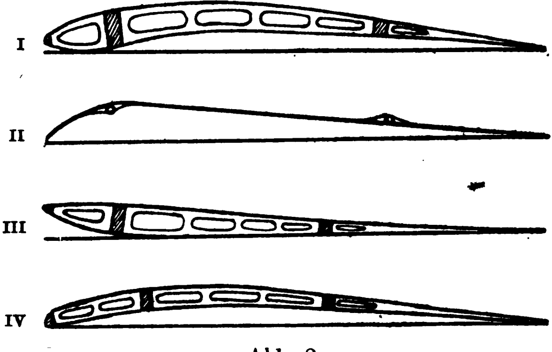


Abb. 2.

und verschiedentlich auch nach hinten V-förmige Stellung erhöhte. Ohne eine V-förmige Anordnung äußert sich die durch Profilierung hervorgerufene Stabilität einer Fläche meist nur in der Längs- oder Flugrichtung.

Die V-förmige Flügelstellung.

Die nach oben V-förmige Anordnung der Tragflächen bezweckt ein Tieferlegen des Schwerpunktes unter den Angriffsmittelpunkt. Der Apparat wird dadurch in ein Pendelverhältnis gebracht, das ihm tatsächlich eine vorzügliche und bei ruhiger Luft auch vollkommene Gleichgewichtslage erteilt. Der Apparat legt sich ganz selbst-

tätig in die Kurve ein, zu welchem Zweck der Führer nur das Seitensteuer zu bedienen hat. Um aber die Maschine auch bei stark bewegter Luft im Gleichgewicht zu erhalten, bedarf der Führer einer großen Kraft

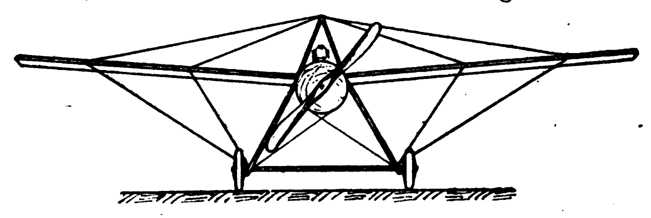


Abb. 3. V-förmige Flügelstellung.

und höchster Energie, oder es müssen Vorrichtungen getroffen werden, durch die der Führer beim Bedienen der Steuerung etwas entlastet wird. Hier ist zu erwähnen das alte Fokkerflugzeug, dessen außerordentliche Stabilität in der Profilierung seiner Tragflächen vereint mit der V-förmig nach oben und pfeilförmig nach hinten gerichteten Stellung derselben zu suchen ist.

Das Penaudsteuer.

Oft angewandt wird das sogenannte Penaudsteuer (Abb. 4), das darin besteht, daß die Schwanztragfläche einen geringeren Einfallwinkel erhält als die Haupttragfläche. Zugleich wird erstere so angeordnet, daß die Luft sie von oben trifft. Neigt sich eine derartig gebaute Maschine nach vorn, so vergrößert sich der obere Einfallwinkel der Schwanztragfläche, wodurch

der Steuerdruck erhöht wird und das Flugzeug sich vorn wieder aufbäumt. Durch das Vorneigen der Maschine wird aber auch deren Geschwindigkeit vergrößert,

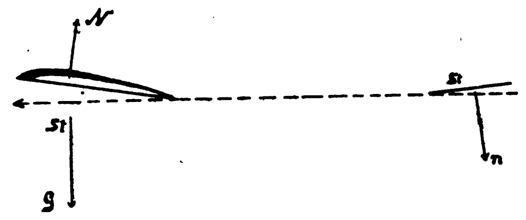


Abb. 4. Penaudsteuer.

was wiederum zur Folge hat, daß der Auftrieb der Haupttragfläche sowie der nach oben führende Steuerdruck vergrößert wird und dadurch das Flugzeug sich in die Horizontale einrichtet.

Tragende Schwanzfläche.

Während der Penaudschwanz nicht tragend ist, verteilt sich in Abb. 4a die Last auch mit auf den Schwanz. Diese Anordnung unterscheidet sich von der von Penaud dadurch, daß hier der Einfallwinkel unter der Fläche liegt. Jedoch ist dieser Winkel kleiner als der Einfallwinkel der Haupttragfläche. Die stabilisierende Eigenschaft dieser Flächenanordnung beruht darin, daß eine unter einem kleinen Einfallwinkel stehende Fläche bei Vergrößern dieses Winkels um angenommen 1 Grad verhältnismäßig mehr an Auftrieb gewinnt als die unter größerem Einfallwinkel stehende Haupttragfläche. Der

bei gleichzeitigem Vergrößern des Einfallwinkels beider Flächen entstehende größere Auftrieb unter der Schwanz-

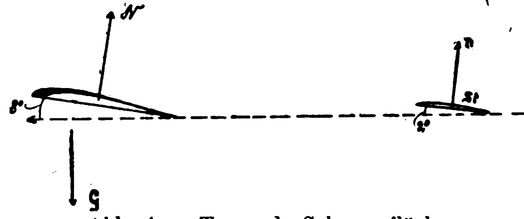


Abb. 4a. Tragende Schwanzfläche.

fläche ist stets bestrebt, das Gleichgewicht wieder her zustellen.

Die pfeilförmige Flügelstellung.

Die V-förmig nach hinten führende resp. pfeilförmige

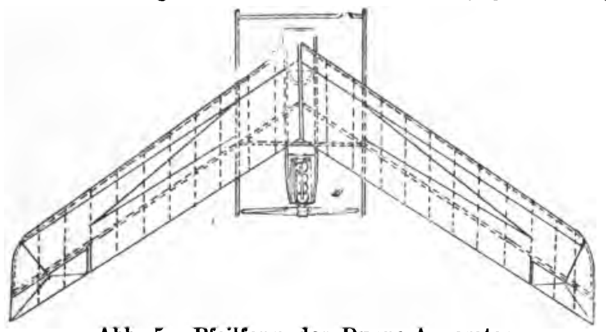


Abb. 5. Pfeilform des Dunne-Apparates.

Anordnung der Tragflächen wird jetzt allgemein angewandt. Sie übt tatsächlich eine günstige Wirkung auf

die Längsstabilität aus. Das beweist das Vorbild dieser Konstruktionen: der schwanzlose Apparat des Engländers Dunne (Abb. 5).

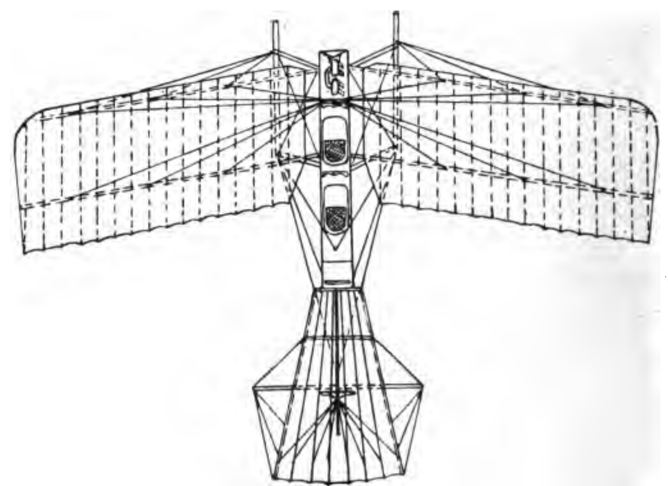
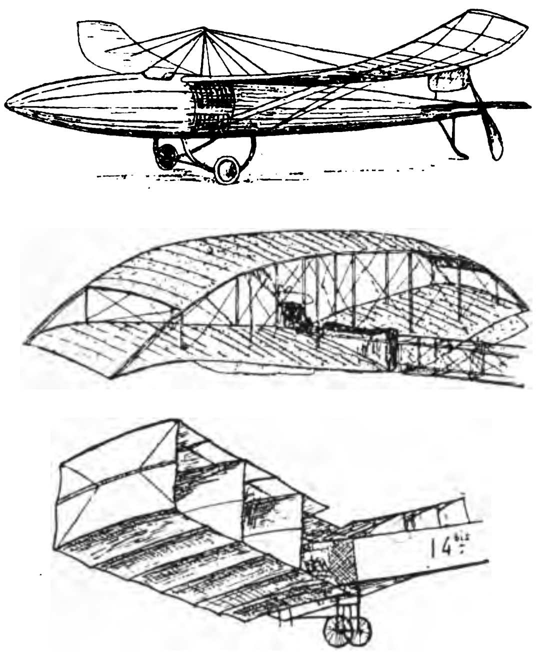


Abb. 5a. Pfeilform des alten Fokker-Eindeckers.

Die Flächenverwindung.

Ein heute viel benutztes Mittel zur Erhaltung der seitlichen Stabilität ist die Verwindung der hinteren Tragflächenkanten, im Französischen Gauchissement genannt. Um diese seinerzeit von den Gebrüdern Wright zuerst zum Patent angemeldete und praktisch ausgeführte Verwindung ist vor dem Kriege viel prozessiert worden mit dem Erfolge, daß die Verwindung von

ihren Anhängern nach wie vor benutzt wird. Die Verwindung, d. h. die seitliche Stabilitätserhaltung ge-



Verschiedenartige Anordnung der Tragflächen.
Abb. 6. Tatin-Paulhan
Abb. 6a. Sloan 1910.
Ahb. 6b. Santos-Dumont 1906.

schieht dadurch, daß bei Schräglage der Maschine das äußere hintere Ende der in der Schräglage nach unten

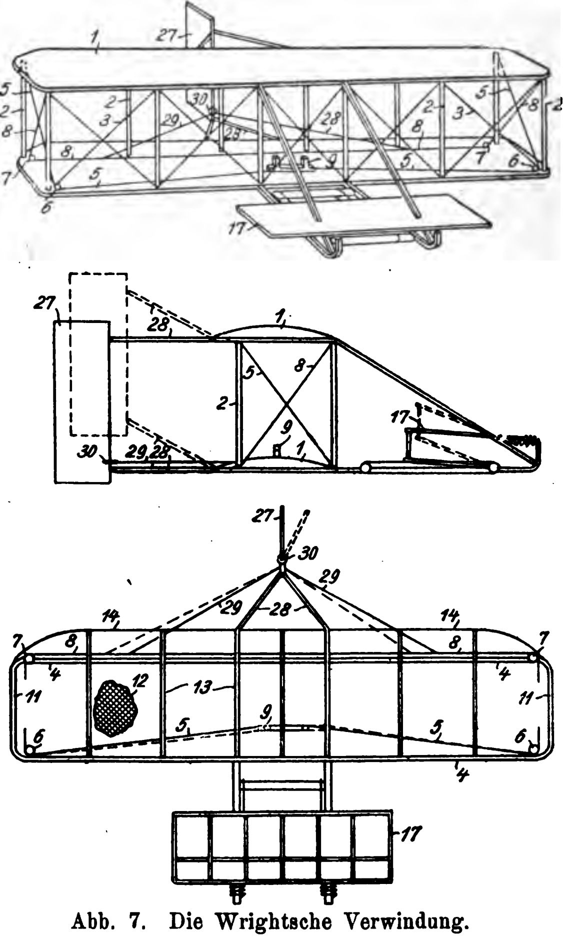


Abb. 7. Die Wrightsche Verwindung.

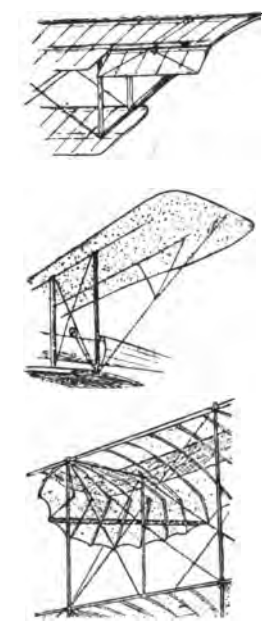
geneigten Fläche noch mehr nach unten, das entgegengesetzte Ende der anderen Fläche dagegen nach oben gezogen wird. Dadurch vergrößert sich der Einfallwinkel der nach unten geneigten Fläche und damit der Auftrieb, während bei der anderen Fläche das Gegenteil der Fall ist, so daß der einseitig vermehrte Auftrieb das Flugzeug wieder in die Gerade einrichtet. Abb. 7 zeigt die Patentzeichnungen der Wrightschen Flächenverwindung.

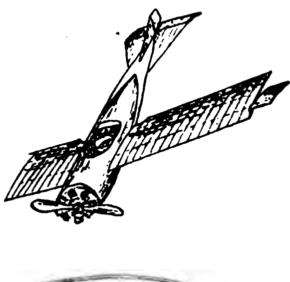
Das Patent 173378 ist bezüglich des Anspruchs 1 durch Entscheidung des Reichsgerichts vom 26. Februar 1913 dadurch teilweise vernichtet worden, daß dieser Anspruch folgende Fassung erhält:

Mit wagerechtem Kopfruder und senkrechtem Schwanzruder versehener Gleitflieger, bei welchem die beiden übereinander angeordneten Tragflächen an entgegengesetzten Seiten unter verschiedenen Winkeln zum Winde eingestellt werden können und behufs schraubenförmigen, mittels einer Stellvorrichtung zu bewirkenden Verdrehens um eine quer zur Flugrichtung gedachte Achse biegsam gestaltet sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwanzruder mit der Stellvorrichtung derart gekuppelt ist, daß es dem Winde mit derjenigen Seite dargeboten wird, welche den unter dem kleineren Winkel eingestellten Tragflächenseiten zugekehrt ist, zum Zwecke, den ganzen Gleitflieger um die in der Flugrichtung liegende Mittelachse zu drehen, ohne daß eine gleichzeitige Drehung des Apparates um seine senkrechte Mittelachse erfolgt.

Die Verwindungsklappen.

Um mit den Wrightschen Patenten nicht in Konflikt zu kommen, haben verschiedene Konstrukteure die





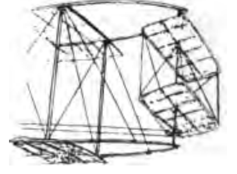


Abb. 8. Verwindungsklappe.

Abb. 8a. Verwindung von Breguet.

Abb. 8b. Paulhansche Verwindungsklappe

Abb. 8c. Verwindungsklappe von Pivot.

Abb. 8d. Bronilawski-Stabilisierungsklappen.

Verwindung durch sogenannte Ailerons ersetzt, Klappen, die den Tragflächen an ihren hinteren äußeren Enden angesetzt werden und, ebenso betätigt, genau dieselbe Wirkung erzielen, wie die Verwindung. Nun hat das Reichsgericht erkannt, daß die Verwindung an sich

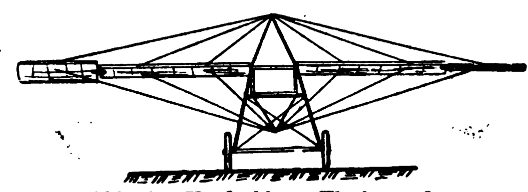


Abb. 9. Verdrehbare Flächenenden.

frei ist. Nur die Verwindung mit dem Seitensteuer gekuppelt ist Patent der Wrightgesellschaft.

Zum Kapitel Stabilisierung durch verschiedenen Auftrieb gehören auch die Versuche mit Apparaten, deren Flügel, wie aus Abb. 9 ersichtlich, durch gegenläufig drehbare Flächen vergrößert sind, sowie mit Apparaten, deren Flügelenden beliebig ein- und ausgezogen werden können, so daß z. B. ein nach unten geneigter Flügel vergrößert werden kann, wodurch sich sein Auftrieb erhöht und dadurch das Gleichgewicht wieder hergestellt wird.

Die Stabilisierung durch Steuerklappen.

Die Steuer- und Verwindungsflächen als Stabilisierungsorgane können an und für sich wohl zu großer

Leistung ausgebaut werden, doch können sie nur bei nicht zu stark bewegter Luft eine genügende Wirkung

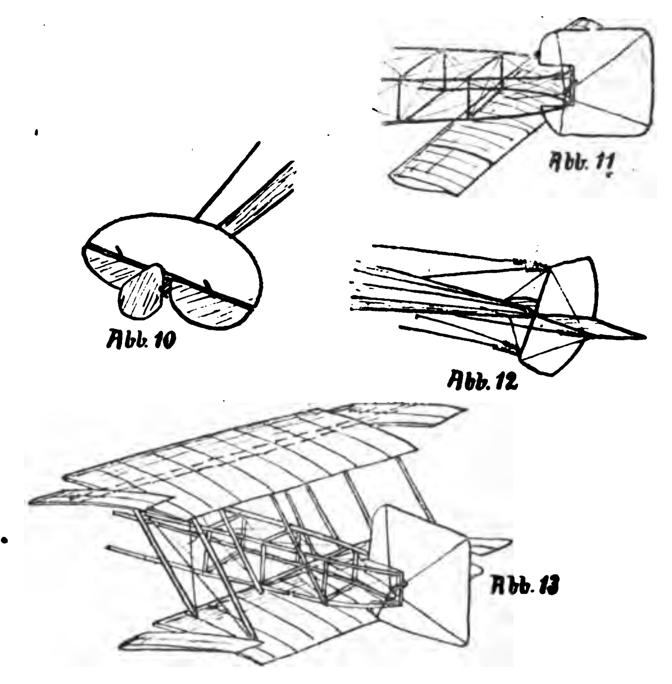


Abb. 10—13. Verschiedene Steuerklappen.

erzielen. Sobald der Wind eine Geschwindigkeit von mehr als 20 m/sec. erreicht, verlieren auch sie ihre absolute Wirkung und das Flugzeug ist zum längeren sicheren Aufenthalt in der Luft ungeeignet. Es ist also

klar, daß die Gleichgewichtserhaltung automatisch durch Vorrichtungen erzielt werden muß, die selbst bei größten Windgeschwindigkeiten nicht versagen.

Der Pendelstabilisator.

Welche Vorrichtungen kommen nun für eine ausgiebige Stabilisierung in Betracht?

Wir unterscheiden heute drei Hauptgruppen von Stabilisatoren: Fühlflächen-, Pendel- und Kreiselstabi-

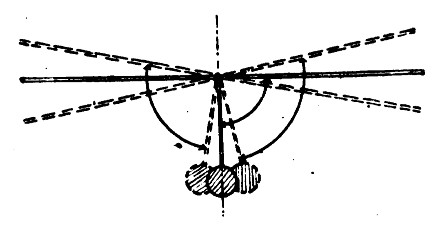


Abb. 14.

lisatoren, unter denen die Pendelautomaten als die scheinbar einfachsten und demnach aussichtsvollsten an erster Stelle besprochen werden sollen.

Eigentlich ist es unrichtig, einen in einem ruhig herabhängenden Gewicht bestehenden Stabilisator als Pendel zu bezeichnen, denn es soll sich nicht der Schwerpunkt (Abb. 14). bewegen, sondern dieser soll mit seiner Achse stets seine lotrechte Stellung beibehalten. Der Schwerpunkt soll von vornherein einen Widerstand gegen eine Lagenveränderung der Trag-

flächen bilden. Man ist nämlich der Ansicht, daß ein frei im Flugzeug aufgehängtes Pendel oder als Pendel benutzte Gegenstände stets ihre vertikale Lage beibehalten. Das ist jedoch nicht der Fall, sondern das Pendel stellt sich stets in Normalrichtung zu den Tragflächen und schlägt nach der der Bewegungsrichtung entgegengesetzten Seite aus. Dies hat zur Folge, daß bei starker Neigung der Fläche das seitliche Abrutschen der Maschine sogar noch beschleunigt wird. Langarmige Pendel sind überhaupt nicht zu gebrauchen. Sie fordern zwar eine große Einwirkung und eine lange Zeit, bis sie ausschlagen. Ebenso lange aber gebrauchen sie auch zur Rückkehr in die Ruhestellung. Auch sind die Vorrichtungen unbrauchbar, bei denen der Motor oder der Führersitz als Pendelgewicht benutzt werden, denn die andauernde gezwungen ruhige Haltung des Führers veranlaßt oft grobe Steuerfehler.

Soll der Pendelstabilisator befriedigend arbeiten, so darf das Pendel nie so sehr der Zentrifugalkraft folgen, daß sich die Tragfläche in einen zu großen Winkel zur Horizontalen einlegen kann. Besonders beim Kurvenfliegen könnte dies unliebsame Folgen haben.

Der Stabilisator von

Ellehammer

besteht darin, daß das ganze Untergestell *b* mit dem Führersitz pendelnd an der Tragfläche *a* (Abb. 15) aufgehängt ist. Dieses Pendelgewicht ist durch eine Zugstange *c* und den Hebel *d* mit dem in *e* drehbaren

Höhensteuer *h* gekuppelt. Bei normalem Einfallwinkel der Tragfläche *a* steht das Höhensteuer parallel zur

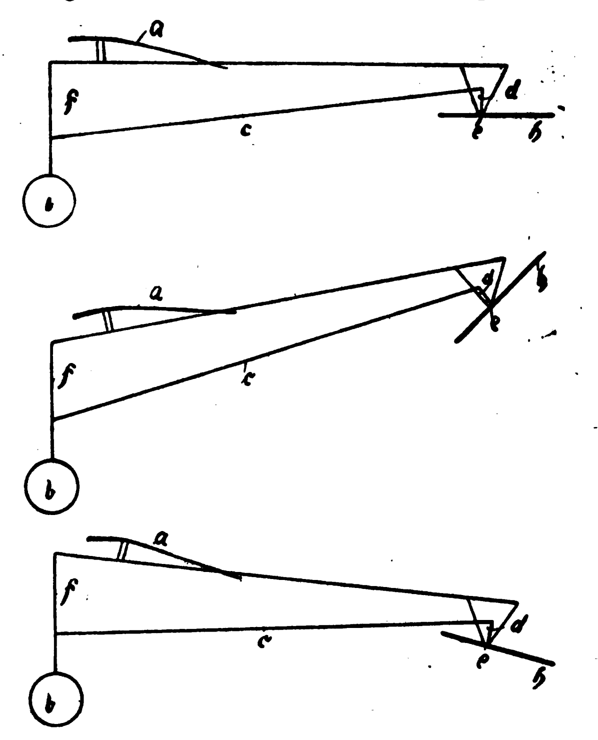


Abb. 15—17. Pendelstabilisator von Ellehammer.

Flugrichtung. Verändert jedoch die Tragfläche ihre Richtung, so stellt sich das Höhensteuer (bei ständig

vertikaler Lage der Pendelstange) so ein, dass ein dadurch erzeugter Steuerdruck die Tragfläche wieder der alten Richtung zuführt (Abb. 16, 17). — Tatsächlich hat sich diese an mehreren Apparaten ausgeführte Vorrichtung nicht in dem erwarteten Maße bewährt, denn es ist unmöglich, in beschriebener Weise so große freischwingende Massen genügend zu dämpfen.

Eine andere Pendelstabilisierung ist die von

Voltz

konstruierte, die aber dadurch, daß die dabei zu verwendenden Pendel außerordentlich große und deshalb undämpfbare Gewichte erhalten müssen, wohl praktisch unbrauchbar ist. Auch ist der zur Aufnahme des Fallschirmes senkrecht nach oben ragende lange Mast unzweckmäßig.

Die Konstruktion ist derart gedacht (Abb. 18), daß ein vertikales Pendel auf Ausgleichschrauben einwirkt. Über dem Schwerpunkt der Maschine ist eine drehbare Welle 1 angeordnet, an die unten ein in einem Gehäuse 3 befindlicher Fortsatz 2 mit Kugelspurlager aufgeschraubt ist. Dieser Fortsatz trägt außer einem Horizontalpendel 4, dessen Bahn im Gehäuse-Innern liegt, noch ein Vertikalpendel 5, dessen oberer Arm sich in einem Schlitz im Fortsatz 2 bewegen kann. Über den Mast 1 ist, in Kugellagern drehbar, eine Hohlwelle 6 geschoben, die bei einer Neigung des Flugzeugs durch ein am unteren Hohlwellenende verschiebbar angeordnetes und durch das Vertikalpendel mit einem zweiten,

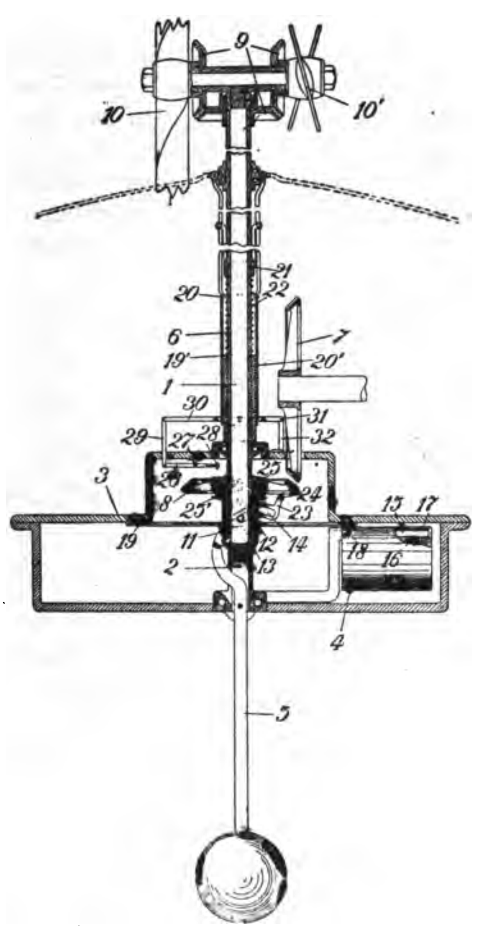


Abb. 18. Der Voltz-Stabilisator.

von einer Kraftquelle aus angetriebenen größeren Kegelrad 7 in Eingriff zu bringendes kleineres Kegelrad 8 in Umdrehung gebracht wird. Auf dem oberen Ende der Hohlwelle 6 sitzt ein Winkelgetriebe 9, durch das die beiden rechtwinklich zueinander versetzten Luftschrauben 10 und 10[1] angetrieben werden. Nach der Ansicht Voltz' geht das Einschalten der beiden Kegelräder 7 und 8 so vor sich:

Sobald sich das Flugzeug nach irgendeiner Seite zu neigt, bewegt sich das Horizontalpendel 4 ebenfalls nach dieser Seite und dreht dabei den Mast 1 derart, daß die beiden Propeller in die zum Aufrichten der Maschine nötige Zugrichtung gebracht werden. Dabei soll aber das Pendel 5 immer in vertikaler Richtung bleiben, so daß bei immer größer werdendem Winkel zu dem Mast schließlich das Zahnrad 8 so hoch geschoben wird, daß es in das Zahnrad 7 eingreift und dadurch und mit ihm die Hohlwelle 6 in Drehung versetzt wird. Die beiden Schrauben arbeiten gegenläufig zu dem Zweck, einem Verdrehen des Mastes vorzubeugen. Die Mechanismen 18—31 dienen dazu, bei zu großem seitlichen Kippen der Maschine automatisch oder von Hand einen um den Mast 1 gelegten geschlossenen Fallschirm zu öffnen.

Bei einer anderen Erfindung wird der

Motor als Pendelgewicht

benutzt. Dabei wird angenommen, daß die Kurbelwelle als Achse gedacht immer in horizontaler

Richtung liegt, die Arbeitsebene des Propellers also immer die vertikale ist. Der Motor ist zu dem Zweck

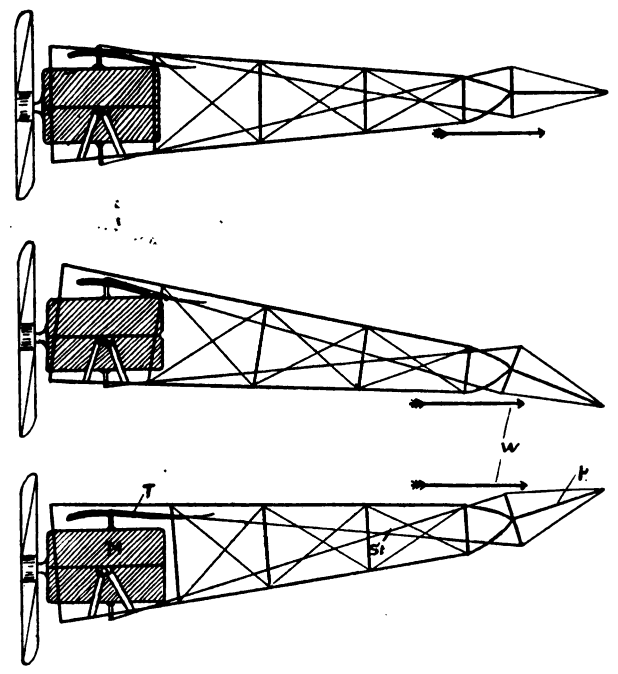


Abb. 19a, b, c. Der Motor als Stabilisierungspendel.
M = Motor.
T = Tragflächen.
H = Höhensteuer.
St = Steuerseile.
W = Windrichtung.

in seinem Schwerpunkt seitlich in Böcken drehbar gelagert und das Höhensteuer mit dem Motor gleichwie mit einem Steuerhebel verbunden. Sobald nun auf die Einwirkung feindlicher Kräfte hin die Längsstabilität der Maschine gestört wird, wie z. B. in Abb. 19^{bc}, so stellt sich das Höhensteuer so ein, daß der neue

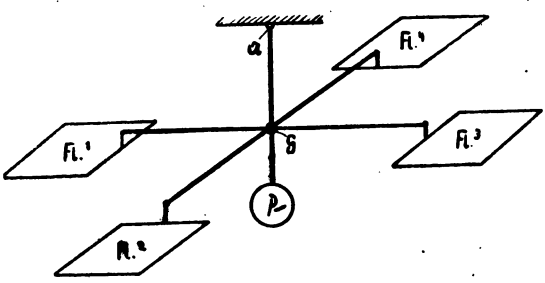


Abb. 20. Schema eines Pendelstabilisators.

Steuerdruck stabilisierend wirkt, d. h. das Flugzeug wieder in die Horizontale eingebracht wird. Um nun bei plötzlich auftretenden starken Windstößen die Steuerzüge nicht zu sehr zu belasten, sind in dieselben starke Federn eingesetzt.

Da die Benzin- und Ölzuleitungen bei der (19 b c) fortgesetzten Bewegung des Motors leiden würden, sind sie zweckmäßig durch Bohrungen des einen Drehlagerzapfens in den Motor zu führen.

Wenn diese Erfindung an und für sich auch sehr gut durchgearbeitet ist, so haftet doch auch ihr ein schwerwiegender Mangel an, nämlich der, daß jeder

Pendelausschlag als Folge der Massenträgheit ein Rückschwingen zur Folge hat, das wiederum ein Versteuern nach sich zieht.

Verschiedentlich wird das Pendel zum direkten Betätigen von Steuerflächen benutzt, wie das Schema Abb. 20 zeigt. Nach diesem Prinzip ist die Erfindung des Engländers

Henry C. Lobnitz,

D. R. P. Nr. 242557 konstruiert. Abb. 21 und 22 zeigen einen Doppeldecker in Seitenansicht und Draufsicht auf das untere Tragdeck, wobei das Pendel durch zwei senkrecht

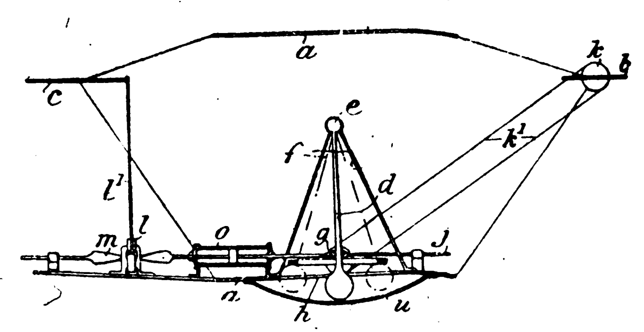


Abb. 21. Das Lobnitzpendel.

zueinander liegende Schlitzführungen hängt, mit denen das zum Verstellen der Steuerflächen dienende Gestänge verbunden ist. Abb. 22 a zeigt die Erfindung in einer zweiten Ausführungsart, bei welcher das Pendel durch eine Plattform gebildet wird, auf welcher der Motor, Führer usw. ihren Platz haben.

Weiter werden mit dem Pendel die Ventile von Druckluftpumpen betätigt, deren Kolben durch Stangen

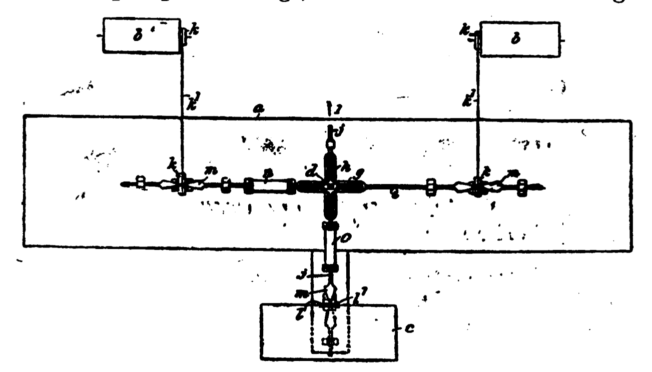


Abb. 22. Lobnitzpendel. Draufsicht.

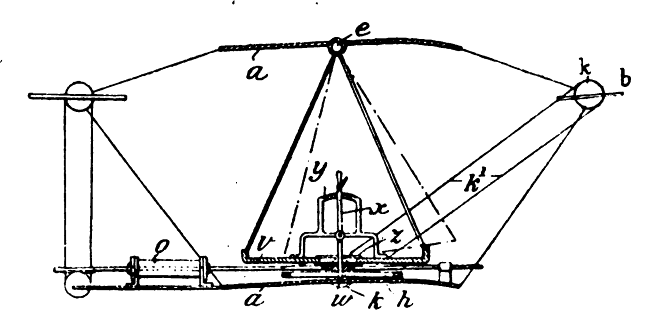


Abb. 22a. Das Lobnitzpendel. Zweite Ausführnng.

dann erst die Steuerflächen bedienen (Abb. 23). Aber auch dieser Konstruktion hängt wie allen Pendelstabili-

satoren das Übel des Versteuerns an, hervorgerufen durch das durch die Trägheit der Pendelmasse bedingte

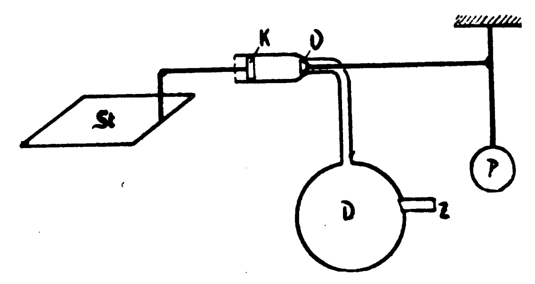


Abb. 23.
D = Druckluftbehälter.
V = Ventil.
K = Kolben.
St = Steuerfläche.
Z = Zuleitungsrohr.

Rückschwingen derselben.

Zu dieser Art von Pendelstabilisatoren ist die

Erfindung des Herrn Karl Willems

in Saaralben zu zählen. Von ähnlichen Vorrichtungen unterscheidet sie sich in der Hauptsache durch eine Anordnung, die den Kolben eines Reglers unter Vermittlung von Druckluftpolstern in der Mittelstellung hält, und die dennoch ein leichtes Verstellen des Kolbens von Hand gestattet. Die Abbildungen 24 und 25 stellen ein Ausführungsbeispiel dieses Stabilisators dar; Abbildungen 25 und 26 zeigen ihn in ein Flugzeug eingebaut.

Dieser pneumatische Gleichgewichtsregler, wie er richtig genannt werden kann, besteht in der Hauptsache aus dem Zylinder *C*, dessen beide Deckel abnehmbar und mit Stopfbüchsen versehen sind und so mit den Zylinderflanschen verschraubt werden, daß gleichzeitig die beiden harmonika- oder teleskopartig gestalteten Luftkissen *L* mit befestigt werden.

Diese Luftkissen, die den Kern der Erfindung bilden, sind an ihrem dem Treibkolben *K* zugekehrten Ende mit einem Deckel verschlossen, der mit je einer Stopfbüchse versehen ist und so der Kolbenstange den Durchgang gestattet. Die Länge der Luftkissen *L* ist derart bemessen, daß in gespanntem Zustande der Kolben *K* gerade in die Mittelstellung gedrückt wird, während umgekehrt bei entspanntem Zustande die zusammengedrückten Luftkissen *L* dem Kolben *K* eine solche Bewegung gestatten, als nötig ist, um die Regelung der Steuerflächen auszuführen. Auf diese Art ist der Treibkolben *K* bei richtiger Lage der Flugmaschine gezwungen, da er von beiden Seiten beeinflußt wird, die Mittelstellung einzuhalten.

In ihrem äußeren Durchmesser sind die Luftkissen *L* noch derart bemessen, daß zwischen ihnen und der inneren Zylinderwand *C* ein kleiner Zwischenraum frei bleibt, der genügt, der Druckluft den Durchgang zu ermöglichen und dadurch auf den Kolben *K* zu wirken. Die Bewegungen des Kolben *K*, der mit doppelter Ledermanschette ausgerüstet ist, wird mittels Kolbenstange, an deren beiden Enden Ösen aufgeschraubt sind, auf

die Zugdrähte der betreffenden Steuerflächen übertragen. Diese unmittelbare Kraftübertragung auf die Steuerflächen findet am einfachsten mit doppelten Zugdrähten statt, mit denen gleichzeitig auch der Handsteuerhebel verbunden ist.

Die Verstellung des Treibkolbens wird durch einen vom Pendel *P* gedrehten Drehschieber bewirkt, der in vorliegender Erfindung eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung erfahren hat. Dieser in das Gehäuse *D* luftdicht eingeschliffene Drehschieber ist nämlich mit zwei verschieden gestalteten und getrennten Kanalsystemen ausgerüstet, von denen das eine für den Luftkissenraum und das andere für den Kolbenraum bestimmt ist. Die Steuerung durch diese Drehschieber erfolgt in der Weise, daß in der Mittelstellung des Kolbens beide Luftkissen mit Druckluft gefüllt sind, während der Kolbenraum mit der Außenluft in Verbindung steht. Bei Schräglage des Pendels erhält der Kolben auf der einen Seite Druck, und das auf dieser Seite liegende Luftkissen wird völlig abgeschlossen, während auf der anderen Seite Kolbenraum und Luftkissen entlüftet werden.

Durch diese Vereinigung wird nicht nur eine Gewichtsersparnis erzielt, sondern es wird auch eine Verringerung der Dichtungsflächen erreicht. Außerdem gestattet diese Anordnung eine besonders einfache Verstellung von Hand und wirkt trotzdem sofort selbsttätig weiter, sobald der Handhebel losgelassen wird, was aus folgendem erhellt.

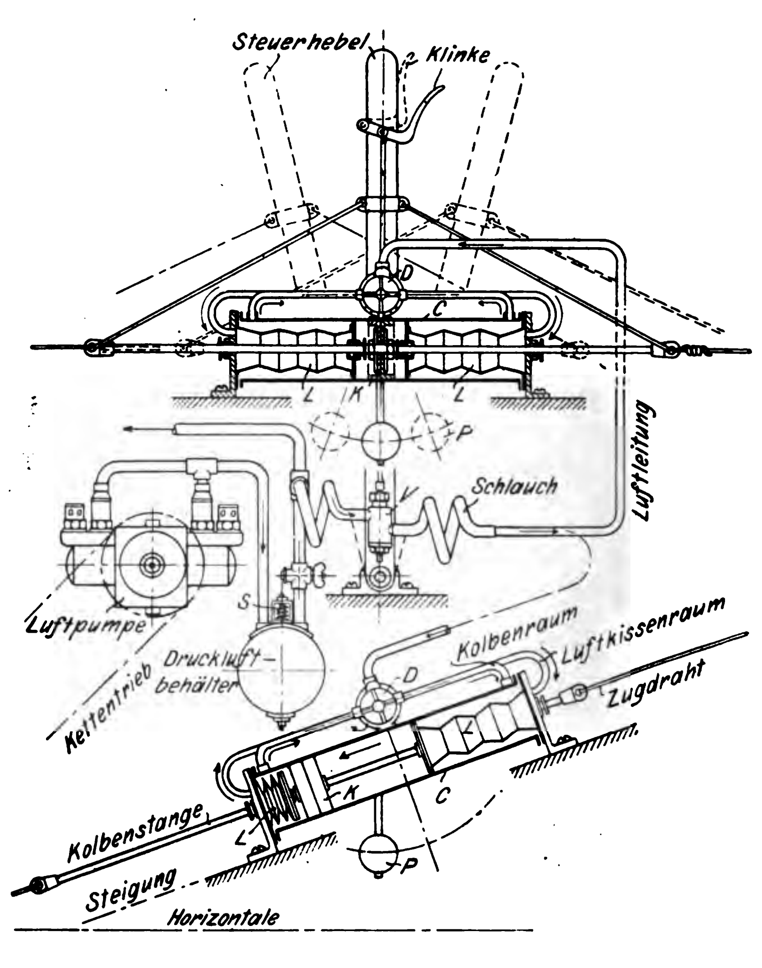


Abb. 24. Pendelstabilisator von Willems.

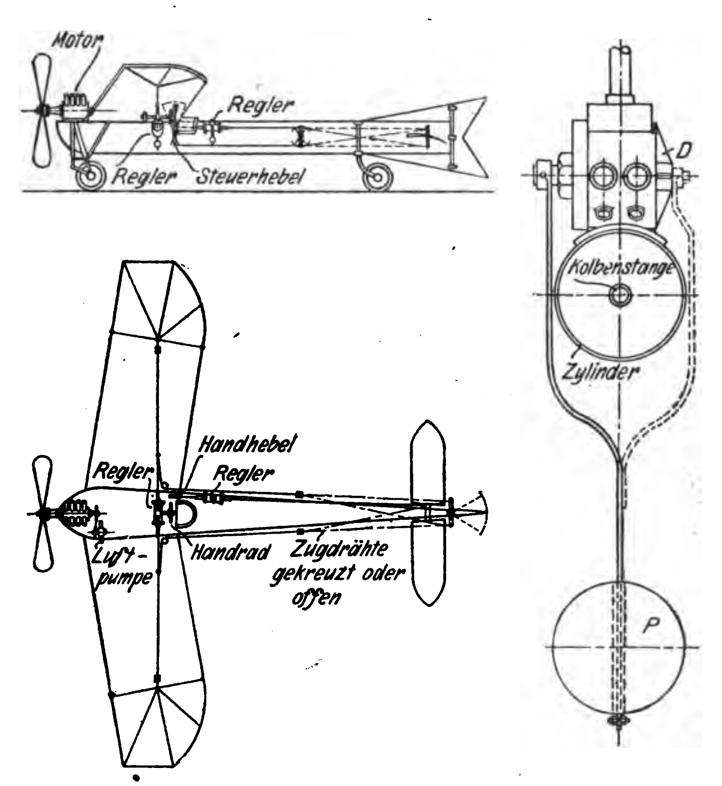


Abb. 25, 26. Pendelstabilisator von Willems.

Zwischen dem Drehschieber und dem Druckmittelbehälter ist in die Rohrleitung das am Steuerhebel angebrachte, mittels der Klinke zu bedienende Ventil *V*

eingeschaltet. Dieses Ventil besitzt zwei Sitze und einen nach zwei Seiten dichtenden Ventilkolben, so daß durch Anheben des Ventilkolbens das Druckmittel vom Regler abgeschlossen wird und das im Regler befindliche Druckmittel gleichzeitig entweichen kann, der Handsteuerung also keinen Widerstand entgegensetzt. Die Verschiebung des Ventils erfolgt durch die an dem Steuerhebel wie üblich angeordnete Klinke.

Ein weiterer Vorteil des Ventils soll darin bestehen, daß beim Loslassen des Steuerhebels das Ventil infolge des auf ihm ruhenden Luftdruckes und der federnden Klinke sich sofort schließt, was zur Folge hat, daß sofort der Regler selbsttätig seine Tätigkeit aufnimmt und das Flugzeug in Gleichgewichtslage hält.

Die Wirkungsweise und Handhabung des Reglers ist folgende: Die von dem Flugmotor betriebene kleine Luftpumpe drückt die Druckluft in einen kleinen Druckmittelbehälter, von dem aus die Druckrohrleitungen nach dem am Steuerhebel angebrachten Ventil *V* vorbei nach dem auf dem Zylinder *C* des Reglers befestigten Drehschiebergehäuse *D* gehen, von dem erst die weitere Verteilung innerhalb des Reglers erfolgt.

Soll nun das Flugzeug in Tätigkeit treten, so wird zunächst wie gewöhnlich der Motor angeworfen; nach einigen Umdrehungen, und bis die Maschine den Erdboden verläßt, hat die Luftpumpe bereits den Behälter mit genügender Druckluft gefüllt, der überschießende Teil geht durch das einstellbare Sicherheitsventil *S* ins Freie.

Bis nun die Flugmaschine die nötige Höhe und Richtung genommen hat, ist der Regler ausgerückt, da der Flieger solange den Steuerhebel selbst bedienen muß.

Ist die gewünschte Höhe und Richtung erreicht, so kann, nach der Ansicht des Erfinders, der Flieger durch einfaches Loslassen des Steuerhebels bzw. der Klinke dem Regler das Weitere der Gleichgewichtsregelung des Apparates überlassen, da das Ventil *V* sich selbst einrückt und damit den Regler in Tätigkeit setzt. Nur bei Vornahme der Landung muß das Flugzeug, wie beim Abflug, wieder von Hand gesteuert werden.

Wenn auch die in vorstehend beschriebener Erfindung ausgeführten Gedanken recht praktisch und gefällig sind, so dürfte doch der Erfolg durch das allgemeine Übel aller Pendel ebenfalls stark beeinträchtigt werden.

Die Fühlflächenstabilisierung.

Wenn die Konstrukteure mit Pendelstabilisatoren bisher noch wenig Erfolge erzielten und wohl auch nie erzielen werden, so ist das erstere auch mit den sogenannten Fühlflächenstabilisatoren der Fall, bei denen die Steuer durch kleine auf die Luftdruckveränderungen reagierende Fühlflächen betätigt werden. Die ersten beiden Konstruktionen dieser Art waren von Hiram Maxim und den Gebrüdern Wright, doch will ich diese unbesprochen lassen, da sie keinerlei Erfolge hatten. Bemerken will ich nur, daß die Wrightsche Erfindung nur für die Erhaltung der Längsstabilität Fühlflächen

mit Servomotor besaß, während für die Seitenstabilität ein Pendel diente.

Bekanntlich wird eine frei bewegliche Fühlfläche von einer vertikalen Luftströmung ganz anders beeinflußt als von einer horizontalen Strömung. Demnach müßte der Führer den Fühlflächenwinkel bei jedem Luftströmungswechsel anders einstellen. Das ist aber nicht möglich, weshalb die Fühlflächenstabilisierungen wohl nur bei ruhiger Luft zu gebrauchen sind.

Abgesehen von dem soeben erwähnten Übel wirkt der Stabilisator von

Doutre

auch nur in der Flugrichtung, während die Seitenstabilisierung durch andere Hilfsmittel erzielt werden muß. Der Doutresche Apparat besteht in der Hauptsache aus zwei Organen, einem Windmesser, der die jeweils relative Windgeschwindigkeit angibt, und einem Messer für die augenblickliche Eigengeschwindigkeit des Flugzeugs.

Der Geschwindigkeitsmesser ist eine zur Flugrichtung vertikal stehende Fühlfläche. Je nach dem Luftdruck werden nun unter Vermittlung der Tragarme zwei in dem Gehäuse verschiebbare Röhren eingestellt. Unter normalen Verhältnissen halten die Federn dem gegen die Fühlfläche gerichteten Winddruck das Gleichgewicht. Nimmt jedoch der Luftdruck an der Fläche ab oder zu, so werden die Rohre und mit ihnen Stangen und Schieber entsprechend verschoben. Je nach der Stellung

des Schiebers zum Kolben tritt die Preßluft in die Räume des Servomotorzylinders oder aus diesen heraus ins Freie. Durch den Ausschlag des Kolbens wird die Stellung des Höhensteuers mittels Schubstangen reguliert.

Der Wind wie auch der Eigengeschwindigkeitsmesser haben den gemeinsamen Zweck der Erhaltung der Längsstabilität. Deshalb sind sie auch vereinigt angeordnet und wirken beide auf einen Bolzen, der den Schieber des Servomotors betätigt. Die Rohre sind nun nicht starr mit den Stangen verbunden, sondern letztere sind durch Zapfen mit Gewichten gekuppelt, die, nach beiden Seiten durch Spiralen abgefedert, auf den Rohren gleiten können. Da nun ein Verlangsamen der Fluggeschwindigkeit durch Vergrößern des Neigungswinkels, ein Erhöhen der Fluggeschwindigkeit durch Verkleinern desselben hervorgerufen wird, so werden also im ersten Falle die Gewichte nach vorn, im zweiten Falle nach hinten ausschlagen. Damit wird also das Einstellen des Steuerstiftes von der Fluggeschwindigkeit abhängig gemacht.

Der Sperry-Stabilisator.

Ein Stabilisator, der als der heute erfolgreichste angesprochen werden kann, ist der von Sperry-Curtiß. Derselbe wurde gelegentlich des französischen Wettbewerbes „Union pour la sécurité en aéroplane“ mit einem Preise ausgezeichnet und hat auch späterhin noch viel von sich reden gemacht.

Abb. 27 zeigt den Apparat und seinen Einbau in einen Curtiß-Doppeldecker. Er besteht in der Hauptsache aus folgenden Teilen: 1. Aus der zur Messung der Windstärke dienenden Fühlplatte *A*, 2. einer Gruppe

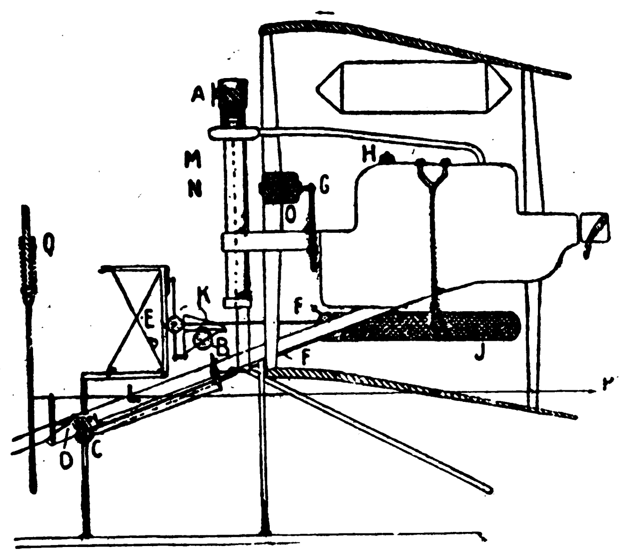


Abb. 27. Der Sperry-Stabilisator.

von Kreiseln und Servomotoren *B* und *E*, welche die Seitenstabilität, und Gruppe *C* und *L*, welche die Längsstabilität reguliert. Die Fühlplatte *A*, die aus Aluminium besteht und Rechteckform besitzt, ist senkrecht zwischen zwei wagerechten Zapfen aufgehängt und erfüllt drei Funktionen: 1. zeigt sie dem Führer des Flugzeugs in

jedem Momente die Geschwindigkeit des Apparates, 2. hält sie diese Geschwindigkeit in gewünschten Grenzen und 3. reguliert sie die Tätigkeit der Kreisel, die den Apparat im normalen Flug im Gleichgewicht halten.

Bezüglich des unter 2. Gesagtem ist zu bemerken: Steigt beispielsweise der Apparat aufwärts, so verringert sich dessen Fluggeschwindigkeit, was im äußersten Falle ein Abrutschen desselben zur Folge haben könnte. Dabei verringert sich entsprechend der kleineren Geschwindigkeit auch der Druck auf die Fühlplatte, die auf derartige Druckdifferenzen so abgestimmt ist, daß sie in diesem Falle eine elektrische Kontaktvorrichtung betätigt. Diese wirkt auf einen Servomotor, der nun durch den Schnurzug *P* das Höhensteuer entsprechend verstellt. Auf diese Weise wird das Steigen des Flugzeugs unterbrochen, bis die Geschwindigkeit wieder eine größere ist.

Die vier in einer Art Kardangelenk gelagerten Kreisel *B*, *E*, *C* und *L* erhalten das Flugzeug zusammen mit einer Kraftübertragungsvorrichtung in jeder Lage wagerecht.

Das Flugzeug dreht sich demnach gewissermaßen um den Kreiselsatz und schließt dabei die elektrische Steuervorrichtungen betätigenden Kontakte, die das Flugzeug in die gleiche wagerechte Lage zurückbringen, in der sich der Kreiselring befindet. Dieser Ring mit seinen Kreiseln ist so angeordnet, daß er bei horizontalem Flug ebenfalls horizontal liegt. Jede Abweichung aus dieser Einstellung löst nun diejenigen Kräfte aus, die das Flugzeug in die normale Lage zurückbringt.

An der Ringfassung sind zwei segmentförmige Kontakte angebracht, die wieder an dem Gestell des Flugzeuges befestigt sind. Neigt sich nun das Flugzeug nach der einen Seite, so bewirkt dies ein Gleiten der einen Bürste auf ihrem Segment, während ein Neigen des Flugzeugs nach der anderen Seite ein entsprechendes Gleiten der anderen Bürste zur Folge hat. Schwankt das Flugzeug nach beiden Seiten, so gleiten die Bürsten nach beiden Richtungen im Verhältnis zur betreffenden Neigung des Flugzeugs.

An jedem der beiden Kontaktsegmente ist ein neutraler Teil, auf dem die betreffende Bürste aufliegt, wenn sich das Flugzeug in normaler Lage befindet. Bei einer derartigen Stellung der Teile findet keine Steuerung statt, sowie aber eine Bewegung nach irgend einer Richtung erfolgt, werden die aufrichtenden Kräfte ausgelöst. An der Vorrichtung sind zwei Neigungsmesser angebracht, die jederzeit die Neigung des Flugzeuges zur Wagerechten in Graden erkennen lassen.

Der elektrische Strom zum Betrieb dieser Kreisel wird durch einen kleinen Generator erzeugt, der direkt vom Flugmotor angetrieben wird. Er kann jedoch auch durch einen besonderen kleinen Motor angetrieben werden. Es ist eine besondere Reglervorrichtung angebracht, um die Geschwindigkeit des Generators stets konstant zu erhalten. Durch diesen Regler wird das Übertragungsverhältnis auf den Generator bei langsam laufendem Motor erhöht und bei direktem Antrieb der Generator auf Fluggeschwindigkeit gehalten.

Ein mit einem Sperry-Stabilisator ausgestattetes Flugzeug wird durch einen Handhebel gesteuert, durch den sich die Beziehung zwischen Flugzeugkörper und der Ebene des Stabilisierungssatzes regelt. Dies geschieht durch Verstellen der auf den Segmentkontakten des Kreiselsatzes aufliegenden Bürsten mittels kleiner Drahtseile. Beim Hochfliegen zieht der Flugzeugführer den Handhebel nach hinten und bewegt dadurch die Kontakte von der neutralen in die aktive Stellung. Damit wird der Stromkreis zur magnetischen Kupplung eines Servomotors geschlossen und das Höhensteuer auf den erforderlichen Winkel verstellt. Das Flugzeug steigt nun in diesem Winkel auf, bis der Führer den Steuerhebel wieder in die neutrale Stellung zurückbewegt. In diesem Augenblick übernimmt die Stabilisierungsvorrichtung die Aufgabe, den Hebel weiterhin in dieser Stellung zu halten.

Der erwähnte Servomotor liefert die zur Steuerung erforderliche Kraft. Er wird durch eine Luftschraube angetrieben, deren Flügel mit zunehmender Geschwindigkeit eine größere Steigung erhalten und somit die Geschwindigkeit des Motors der erforderlichen Kraft entsprechend gestalten.

Max Uecke-Friedenau

hat eine Vorrichtung geschaffen, bei der eine in Kreuzform ausgeführte Flüssigkeitswage die Stromkreise von Servomotoren schließt. Das neue besteht darin, daß mittels der Flüssigkeitswage nicht nur Stabilisierungs-

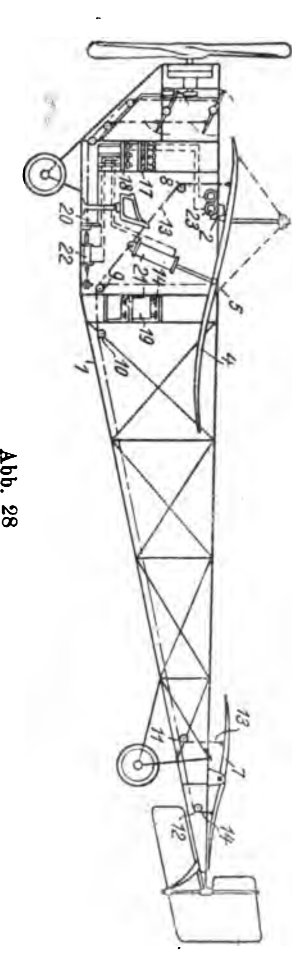


Abb. 28

flächen eingestellt, sondern auch größere Teile der Tragflächen als Hemmflächen gegen ein Abrutschen aufgerichtet werden. Hierzu sind an der Flüssigkeitswage Kontakte in verschiedener Höhe angebracht, so daß bei geringer Steigung des Flugzeugs die Stabilisierungsflächen eingestellt und bei stärkerer Steigung die Hemmflächen aufgerichtet werden.

Abb. 28 und 28[a] zeigen das Flugzeug in Seitenansicht und Draufsicht. Abb. 28[b] zeigt die Hemmflächen am äußersten Ende der Tragflächen im Querschnitt. Abb. 29 zeigt die Auslösevorrichtung in perspektivischer Ansicht, Abb. 29[a] die Steuerventile und den Motor für die Höhensteuerung und Abb. 30 die Auslösevorrichtung in Verbindung mit dem Steuerventil und dem Motor für die seitlichen umklappbaren Hemmflächen.

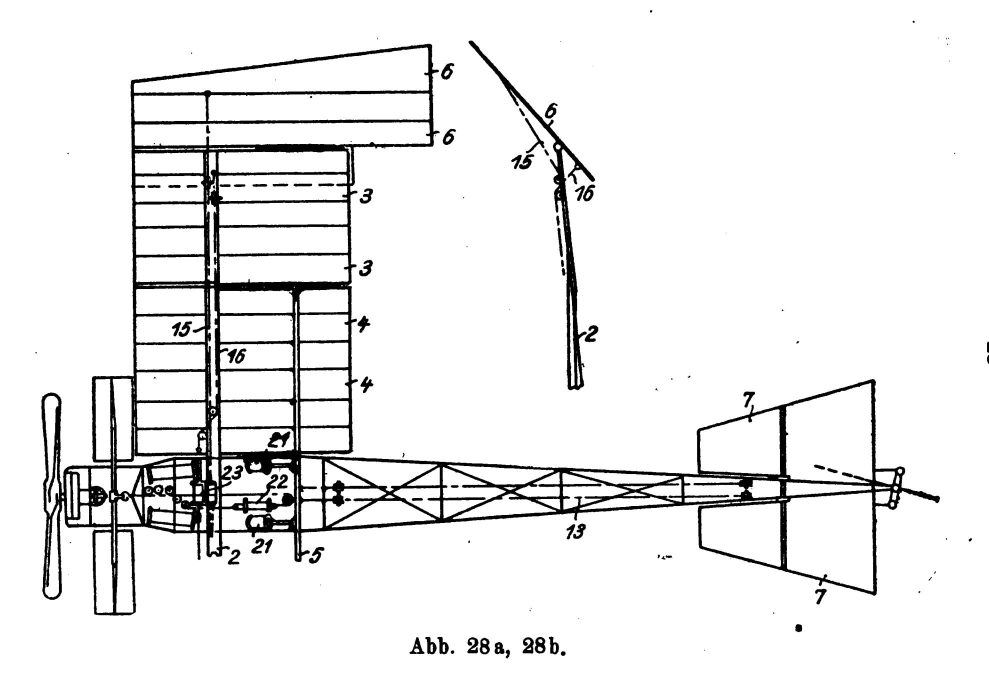
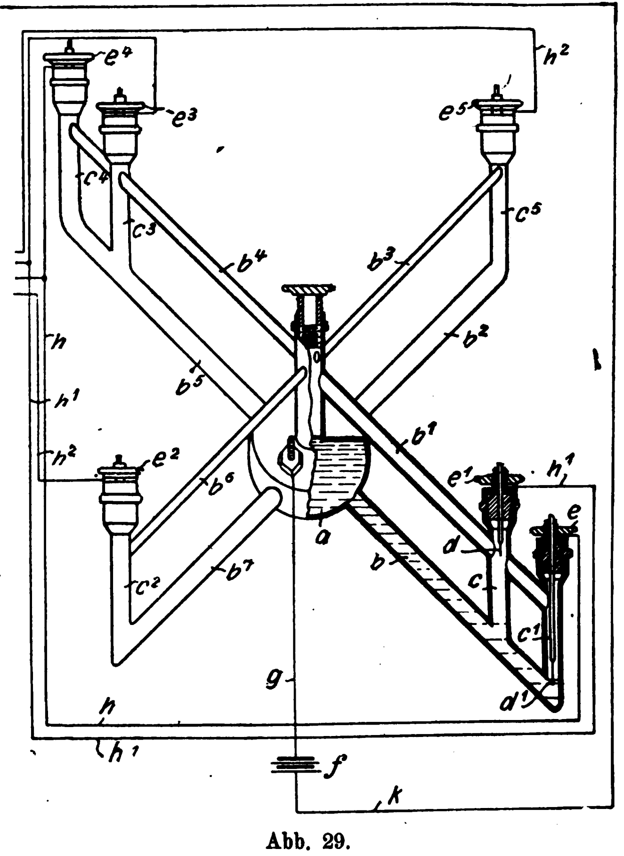


Abb. 28a, 28b.

Das Gestell I des Flugzeugs ist mit dem Tragholm 2 verbunden, an welchem die Abteilungen 3,3 der Tragflächen festsitzen. Die Teile 4,4 sind an einem weiteren Holm 5 angebracht und können mit diesem so gedreht werden, daß sie sich im Winkel zu den feststehenden Tragflächen 3,3 stellen lassen. An den Enden des Holmen 2,2 sind weitere bewegliche Tragflächen 6,6 angeordnet, die sich um einen quer zu 2 liegenden Balken umklappen lassen. Ferner sind am hinteren Ende des Gestells die Schwanzflächen 7,7 angeordnet, deren Umklappen gleichzeitig mit den Flächenteilen 4,4, aber in entgegengesetzter Richtung, erfolgt. Zu diesem Zweck führen von den Flächen 4,4 nach den Flächen 7,7 über Rollen 8—12 die Seile 13, 14, welche ein gleichzeitiges Verstellen der Tragflächen 4,4 und der Flächen 7,7 ermöglichen. Ebenso führen Seile 15 und 16 nach den Tragflächenenden 6,6, um deren Betätigung zu ermöglichen.

Diese Seile werden durch Motore betrieben, am geeignetsten Preßluftmotore 20, 21, 22, an deren Kolbenstangen die Seilenden befestigt sind. Die Motore werden durch Ventile gesteuert, welche mittels Elektromagneten betätigt werden. Diese Magnete sind von Stromleitern umwickelt, welche zu den verschiedenen Stromkreisen gehören, die durch die Auslösevorrichtung geschlossen und unterbrochen werden.

Letztere ist in Abb. 29 wiedergegeben. Von einem mit Quecksilber gefüllten Behälter a zweigen Rohre b, b^2, b^5, b^7 zur Leitung des Quecksilbers und b^1, b^3, b^4, b^6



e4
e3
h2
e5
c4
c3
c5
b4
b3
h
b2
b5
h1
b1
h2
e2
e1
h1
b6
e
a
d
b
c
c2
b7
c1
g
d1
h
h1
f
k

Abb. 29.

Luftleitungen ab; an den Enden der Rohre befinden sich aufsteigende Rohre c, c^1, c^2, c^3, c^4, c^5. Alle diese Rohre stehen in Verbindung mit dem Behälter a, so daß das Quecksilber sich frei in den Rohren bewegen kann. Der ganze Apparat ruht auf einer Grundplatte und wird auf dem Flugzeug so aufgestellt, daß die Grundplatte bei normaler Stellung des Flugzeuges sich in wagerechter Lage befindet. Das Quecksilber füllt hierbei nur den Behälter a und die wagerechten Rohre b, b, b^5, b^7. Neigt sich aber das Flugzeug und mit ihm die Tragflächen nach einer Seite, so muß das Quecksilber in diejenige aufsteigende Röhre c, c^1 usw. treten, welche sich abwärts bewegt.

In der Bahn des aufsteigenden Quecksilbers sind die Kontaktspitzen d, d^1 usw. isoliert gegen die Rohre c, c^1 usw. angeordnet, und durch die Klemmen e, e^1, e^2, e^3, e^4, e^5 wird leitende Verbindung mit den Drähten der verschiedenen elektrischen Stromkreise hergestellt.

Die Elektrizitätsquelle für die Stromkreise ist bei f in Gestalt einer Batterie aufgestellt und mit dem Behälter a durch Leitung g verbunden. Von der Klemme e führt die Leitung h nach dem mit elektromagnetischen Drehschiebern ausgestatteten Steuerventil des Motors I für das Höhensteuer und von diesem durch Leitung i zur gemeinschaftlichen Leitung k, Batterie f, Leitung g nach dem Quecksilberbehälter a zurück; eine Zweigleitung h geht nach der Klemme e^4 auf der anderen Seite der Auslösevorrichtung. Von der Klemme e^1 ausgehend führt die Leitung h^1 nach dem Steuer-

ventil II für die hinteren und vorderen umklappbaren Tragflächen 4, 4 und 7, 7, von da durch Leitung i^1 nach der gemeinschaftlichen Leitung k, durch Batterie f und Leitung g nach dem Quecksilberbehälter a. Die Zweigleitung h^1 geht nach der Klemme e^3.

Von der Klemme e^2 aus führt eine Leitung h^2 nach dem Steuerventil III für die Bewegung der seitlichen, umklappbaren Tragflächenteile 6,6, von da durch die Leitung i^2 nach der gemeinschaftlichen Leitung k, Batterie f, Leitung g nach dem Quecksilberbehälter a,

Auf diese Weise sind drei Stromkreise gebildet und zwar:

1. der Stromkreis e, h, I, k, f, g, a, b, c^1, e verstellt das Steuerventil I für das Höhensteuer; dieser Stromkreis kann auch von der Klemme e^4 ausgehen und bei e^4 enden;

2. der Stromkreis e^1, h^1, II, i^1, k, f, g, a, b, c, e^1 verstellt das Steuerventil II für die Tragfläche und die Schwanzfläche. Dieser Stromkreis kann auch bei e^3 ausgehen und bei e^3 enden;

3. der Stromkreis e^2, h^2, III, i^2, k, f, g, a, b^7, c^2, e^2 verstellt das Steuerventil III zum Bewegen der seitlichen umklappbaren Tragflächen 6.

Der elektrische Strom bewegt z. B. den Anker des Steuerventils III (s. Abb. 29a) und öffnet die Leitung l^2 von dem Preßluftzylinder durch die Leitung l^3 nach dem Raum hinter dem Kolben l^4 des Motors, der Kolben zieht bei seiner Bewegung nach rechts das Seil, und die seitlichen Tragflächenenden links werden umgeklappt.

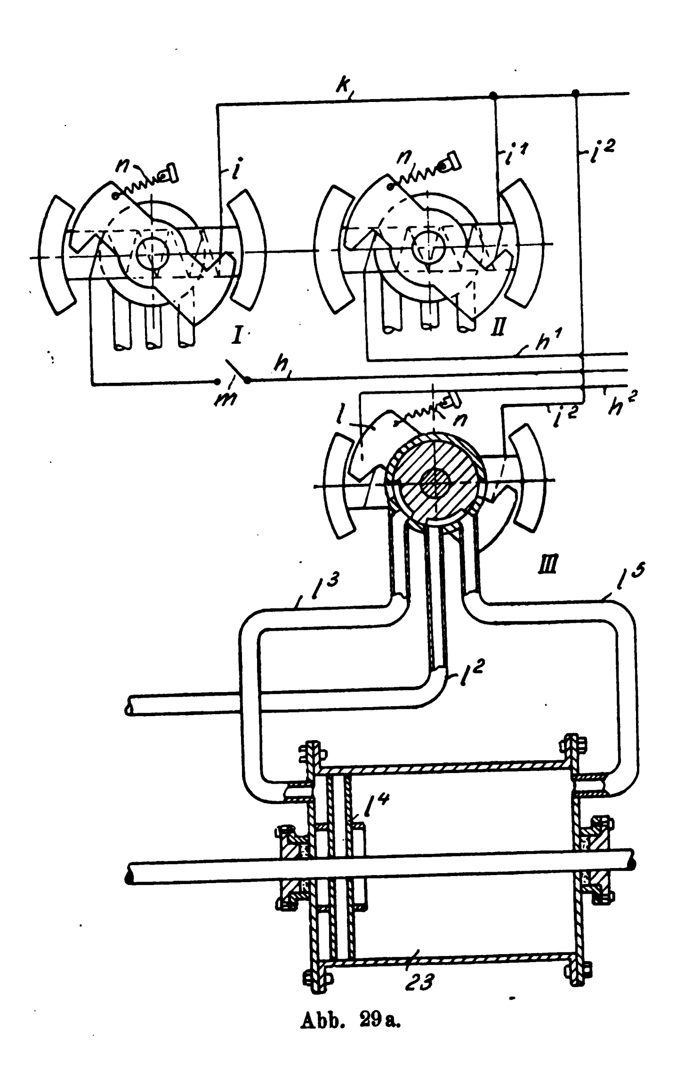


Abb. 29a.

Wenn also das Flugzeug die Neigung nach links erhält, so wird das Quecksilber der Auslösevorrichtung in dem Rohr c^2 hochsteigen und den Stromkreis e^2, h^2, III, i^2, k, f, g, a, b^7, c^2, e^2 schließen.

Das Steuerventil wird so bewegt, daß Preßluft von l^2 nach l^3 und hinter dem Kolben l^4 tritt, der Kolben zieht das Seil und bewegt die seitlichen Tragflächen 6,6 hoch. Infolgedessen wird die vom Gewicht und der Belastung des Flugzeuges entstehende, in der Abgleitrichtung nach links wirkende Kraft von den seitlichen Hemmflächen aufgenommen, und das Flugzeug gleitet nicht weiter; es wird sich vielmehr in die wagerechte Lage zurückdrehen und um einiges tiefer in der Luft wieder in die Gleichgewichtslage einstellen.

Neigt sich das Flugzeug nach rechts, so wird der Stromkreis e^5, h^2, III, i^2, k, f, g, a, b^2, c^5, e^5 geschlossen und das Ventil III und der Motor wie zuvor bewegt, so daß dadurch wieder die seitlichen Hemmflächen aufgeklappt und wirksam werden.

Analog arbeiten die Kontakte und Steuerventile für die vordere und hintere Tragfläche; auch diese werden durch das Schließen eines Stromkreises aufgeklappt.

Das Höhensteuer ist so eingerichtet, daß es von der Hand und selbsttätig bewegt werden kann; zu diesem Zwecke ist eine Ausschaltung der elektrischen Leitung bei m (Abb. 30) angeordnet. Da das Höhensteuer schon bei geringeren Schwankungen bewegt wird, so ragt der Kontaktstift d^1 tiefer in das Rohr c^1 hinein, als der Kontaktstift d in das Rohr c.

Wenn das Flugzeug wieder in die Gleichgewichtslage zurückgekehrt ist, tritt auch das Quecksilber zurück, und die Kontaktspitzen werden frei; die Stromkreise sind daher unterbrochen.

Es treten dann bei den elektromagnetischen Drehventilen I, II, III die Federn *n*, *n*, *n* in Tätigkeit und ziehen die Steuerventile derart, daß die Preßluft durch das Rohr l^5 hinter den Kolben tritt und diesen nun in entgegengesetztem Sinne bewegt; hierdurch werden die umgeklappten Hemmflächen wieder in ihre normale Lage zurückbewegt; denn es ist je eine Seilleitung von den Kolbenstangen über die Rollen zu den umklappbaren Tragflächen hin- und eine zurückgeführt, so daß die Kolbenstange bei dem Hingang an demjenigen Seil zieht, welches die Tragflächen aufstellt, und bei dem Rückgang an demjenigen Seil zieht, welches die Tragflächen wieder zurück in die ursprüngliche Lage bewegt.

In den Abb. 28 u. 28a ist 17 die Auslösevorrichtung, 18 sind die Steuerventile, 19 die Batterie (Akkumulatoren); 20 ist der Preßluftbehälter, 21 der Motor zur Bewegung der Tragflächen 4,4 und der Schwanzflächen 7,7, 22 der Motor zur Bewegung des Höhensteuers und 23 der Motor zur Bewegung der Tragflächenabteilungen 6,6, welche durch Ziehen an den Seilen 15, 16 auf- und niedergeklappt werden.

Eine Fühlflächenstabilisierung ohne jede Zwischenschaltung von Hilfsmechanismen ist von

Hasse

projektiert. Seine praktisch erfolgreiche Ausführung

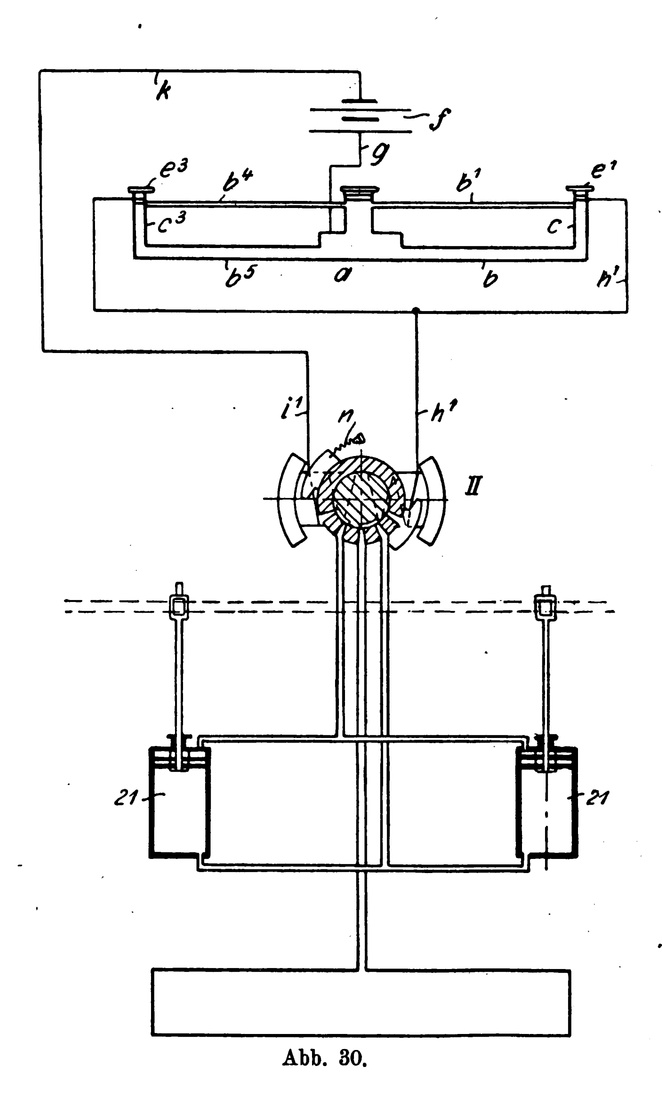


Abb. 30.

muß, auch ohne das schon bezeichnete Übel der Fühlflächen (Unzuverlässigkeit bei wechselndem Wind) zu berücksichtigen, bezweifelt werden.

Das Objekt stellt einen Doppeldecker dar, dessen Motor außer der vorn befindlichen Zugschraube noch zwei hintere Druckschrauben antreibt, letztere durch ein Differentialgetriebe. An der vorderen Kante des oberen Tragdecks sind links und rechts zwei in Scharnieren bewegliche Fühlflächen angebracht, die durch Seilzüge mit Bremsbändern verbunden sind, welche über Bremsscheiben gelegt sind. Die Propellerwellen der beiden Druckpropeller sind in der Flugrichtung verschiebbar gelagert, werden aber durch an beiden Enden befindliche Schraubenfedern in ihrer normalen Lage gehalten. Die Wellen sind aber außerdem durch Hebel mit den äußeren hinteren (verwindbaren) Enden der oberen Tragfläche verbunden.

Angenommen nun, ein Luftstrom trifft die untere Seite der einen Fühlfläche, dann wird sich durch Aufbäumen derselben das mit dieser Fläche verbundene Bremsband auf seine Bremsscheibe legen, wodurch die Tourenzahl des dahinterliegenden Propellers verringert wird. Weil nun aber das Differentialgetriebe die entstehende Tourendifferenz ausgleicht, muß der zweite Druckpropeller um so rascher laufen, was ein Verschieben seiner durch die Federn in ihrer Lage gehaltenen Achse zur Folge hat. Dadurch aber wird mit einem Hebel die Flächenverwindung betätigt, bis die Maschine wieder im Gleichgewicht ist.

Der Kreiselstabilisator.

Eine weitere Gruppe von Stabilisatoren ist die der Kreisel, die nach den großartigen Erfolgen des Schlickschen Schiffskreisels und des Einschienenbahnkreisels von Scherl begreiflicherweise eine große Anhängerschar gefunden hat. Der erfolgreichen Verwendung des Kreisels in der Flugzeugstabilisierung haben sich aber bisher große Schwierigkeiten entgegengestellt.

Die Arbeitsweise des Kreisels.

Von vielen, die die Stabilisierung des Flugzeugs durch den Kreisel als ihr Feld betrachten, wird angenommen, daß die Achse des Kreisels „im Raume fest“ stehe. Demnach meinen sie, bei Verbinden der Steuerflächen durch Seilzüge mit der Kreiselachse das Flugzeug im Gleichgewicht erhalten zu können, da bei Lageveränderung des Flugzeugs der Kreisel die Steuer so einstellt, daß das Flugzeug wieder in die normale Lage eingerichtet wird. Der Kreisel dient hier also als Relais. Er muß pendelnd oder kardanisch aufgehängt sein und kann zum Auslösen eines Servomotors benutzt werden, durch welchen dann die Steuerflächen verstellt werden.

Auf dieser Basis wurden eine große Anzahl Erfindungen geschützt; praktisch ausgeführt wurden aber nur einige, so von den Gebrüdern Wright, und sämtliche mit negativem Erfolg.

Die halbfreie Aufhängung des Kreisels ist derart, daß der Kreisel mit lotrechter Achse in einem Rahmen gelagert ist, der wiederum seitlich gelagert ist, so daß das ganze in der Längs- oder Querrichtung schwingen kann. Zum Beispiel ist der Schiffskreisel so gebaut, der in der Längsrichtung des Schiffes ausschwingen kann, wobei aber die Schwingungen durch eine regulierbare hydraulische Bremse gedämpft werden. Neigt sich nun das Fahrzeug oder hier das Schiff nach rechts, so wirkt diese Neigung als Kippkraft auf den Kreisel, der durch seine Präzession sich oben vornüber neigt. Durch dies Einschlagen der resultierenden Richtung wird wiederum eine Präzessionsbewegung rechtwinklich zur vorigen hervorgerufen. Das dadurch erzeugte indizierte Moment wirkt also direkt der Neigung nach rechts entgegen.

Die Verwendungsmöglichkeit des Kreisels.

Der Schiffskreisel ebenso wie der ähnlich wirkende Einschienenbahnkreisel kann nun nicht ohne weiteres zur Stabilisierung des Flugzeuges verwendet werden. Als schwerwiegendster Grund hierfür ist die Tatsache anzusehen, daß der Kreisel einer gewünschten Schräglage, z. B. beim Kurvenfliegen oder Veränderung der Höhenlage, entgegenwirkt. Wohl aber wäre es möglich, wie der bekannte Flieger Robert Gsell (Flugzeugbau Friedrichshafen) schreibt, den halbfreien Kreisel zur

Bedienung der Steuerflächen heranzuziehen. Der Kreisel würde dabei nur verwandt, eine vom Piloten bestimmte Mittellage zu erhalten, was dadurch erzielt würde, daß die vom Kreisel zu den Steuerflächen führenden Steuerzüge in ihrer Länge oder Lage verändert würden. Der Pilot könnte also sein Höhensteuer auf einen bestimmten Grad des Steigens oder Fallens fest einstellen; der Kreisel würde das Flugzeug in der gewollten Lage erhalten. Das Steuer selbst wäre aber so einzurichten, daß es nur in den dem Apparat ungefährlichen Grenzen verstellt werden könnte. Beim Kurvenflug würde der Apparat sich selbst in der dem Radius entsprechenden Schräglage erhalten.

Der von

L. Marmonier-Lyon

konstruierte Kreiselpendel gestattet seine Verwendung zur Längs- und Querstabilisierung unabhängig von der Gestalt der Flugbahn. Dies wird dadurch erreicht, daß das Kreiselpendel, dessen Kreiselmassen in senkrechten Längsebenen des Flugzeuges umlaufen, in dem Flugzeug derart gelagert ist, daß es nur in einer zur Flugrichtung senkrechten Ebene schwingen kann.

An dem Kreiselpendel ist eine Segelfläche angebracht, die in der Flugrichtung des Flugzeuges steht und oberhalb des Stützpunktes für das Kreiselpendel angeordnet ist.

Die beigefügten Abbildungen veranschaulichen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung.

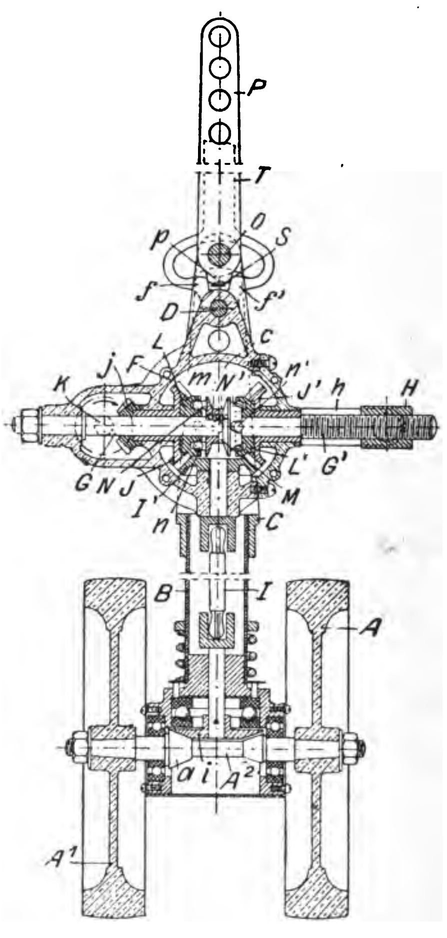


Abb. 31.

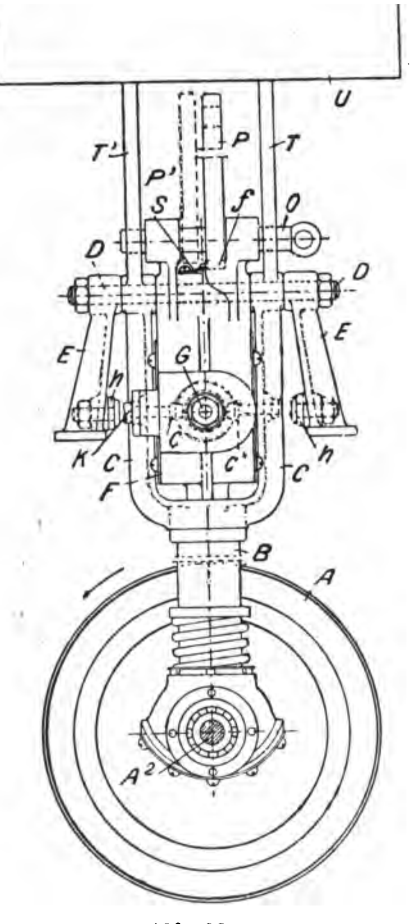


Abb. 32.

Abb. 31 stellt einen senkrechten Schnitt durch die Vorrichtung dar, die beispielsweise zum Antrieb der Stabilisierungsflächen eines Drachenfliegers dienen soll. Der Schnitt durch die Vorrichtung steht quer zur Flugrichtung. Die Vorrichtung dient in vorliegendem Falle zum Überwachen eines mechanischen Relais.

Abb. 32 zeigt eine Seitenansicht, Abb. 33 den Grundriß der Vorrichtung.

Abb. 34 ist eine schematische Darstellung, aus der zu ersehen ist, wie die Vorrichtung an dem Flugzeug angebracht ist.

Abb. 35 bis 45 veranschaulichen schematisch denselben Drachenflieger unter verschiedenen Bedingungen, aus denen die Wirkung des Kreiselpendels als Querstabilisator zu entnehmen ist. Der Kreisel besteht aus zwei Schwungringen A und A^1, die auf einer wagerechten Welle A^2 angebracht sind, welche von einem Rohr B getragen wird. Dieses ist mit seinem oberen Teil an einer Gabel C befestigt, die von einer Achse D getragen wird, die ihrerseits in zwei Lagern E ruht, welche am Flugzeug befestigt sind.

In der Gabel C ist ein Zahnradgehäuse F angebracht, dessen Getriebe zum Antrieb des Kreisels dient und auch die Kraft zum Verstellen der Stabilisierungsflächen unter Vermittlung des Kreiselpendels liefert. Durch dieses Gehäuse F, das von der Achse D getragen wird, geht eine Achse G hindurch, die in einer Schraube G^1 endigt, die sich in einer Mutter H drehen kann. Die Mutter H wird von zwei Führungsrippen h getragen,

welche an den die Vorrichtung tragenden Lagern E befestigt sind, derart, daß die Schraube G^1 bei einer

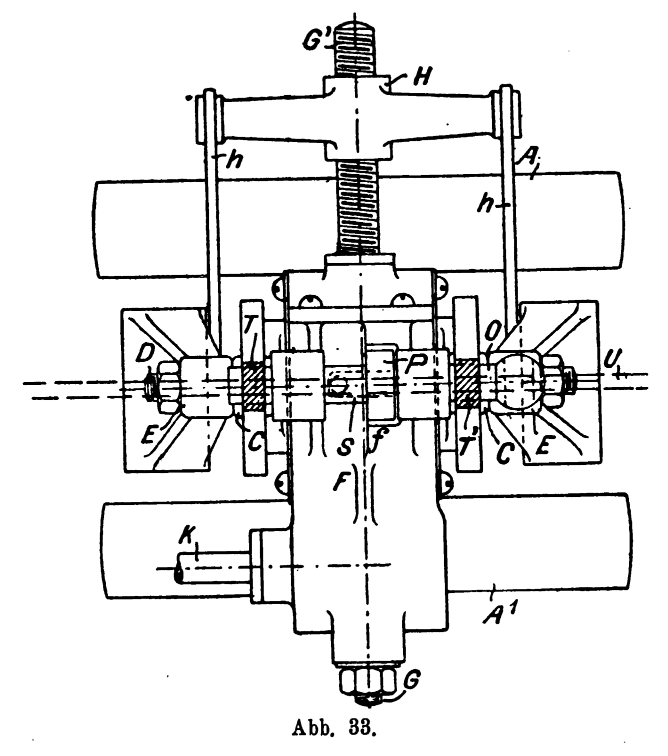


Abb. 33.

Drehung innerhalb der feststehenden Mutter H in dem einen oder anderen Drehsinne die Verschiebung des Zahnradgehäuses F in der einen oder anderen Richtung

bewirkt. Der Antrieb des Kreisels wird durch eine Übertragung mittels Kegel- oder Winkelgetriebe *a i* bewirkt, das von einer Welle *I* angetrieben wird, die in dem Rohr *B* gelagert ist. Am oberen Ende der Welle *I* sitzt ein Kegelrad I^1, in welches zwei Kegelräder $J\ J^1$ eingreifen, die leerlaufend auf ein und derselben Welle *G* angeordnet sind. Das Kegelrad *J* wird durch ein zweites Kegelrad *j* angetrieben, das seine Bewegung durch die mit der Kraftquelle in Verbindung stehende Welle *K* erhält.

Jedes der beiden Kegelräder $J\ J^1$ trägt eine Schale $L\ L^1$ aus Stahl, in welche mit Kugeln $n\ n^1$ ausgestattete Gegenschalen $N\ N^1$ hineinragen. Diese Gegenschalen werden von einer in der Mitte verengten Rolle *M* getragen, die auf der Welle *G* leicht verschiebbar angeordnet ist, wobei Kugeln *m* die leichte Hin- und Herbewegung der Rolle sichern. Zwei Stiftschrauben $c\ c^1$, die an den Armen der Gabel *C* befestigt sind, greifen in die Rolle *M* ein und zwingen diese hierdurch, den Bewegungen des Pendels zu folgen.

Die Triebkraft, welche den Kreisel in Drehung versetzt, kann von einem beliebigen Motor geliefert werden, beispielsweise von einem Elektromotor oder einer durch die Auspuffgase des Hauptmotors angetriebenen Turbine. Diese Antriebsmaschinen können unmittelbar an der Kreiselwelle angreifen oder auch mittelbar, wie bei der soeben beschriebenen Vorrichtung. Jedenfalls ist es wichtig, daß die Kraftübertragung mittels Kardan gewahrt bleibt, um der Vorrichtung insgesamt auch

dann noch eine genau einhaltbare Gleichgewichtslage zu geben, wenn die Antriebsvorrichtungen und der Servomotor in einer einzigen Vorrichtung untergebracht sind.

Die Verschiebungen der Rolle bewirken, daß die mit den Kugeln n n^1 ausgerüsteten Schalen gegen die Schalen L oder L^1 der Kegelräder J oder J^1 gekeilt werden. Hierdurch bewirken sie eine Drehung der Rolle M in dem einen oder dem anderen Sinne, welch letztere ihrerseits die Welle G mitnimmt. Die Schraube G^1, die mit der Welle G aus einem Stück besteht, bewegt sich hier-

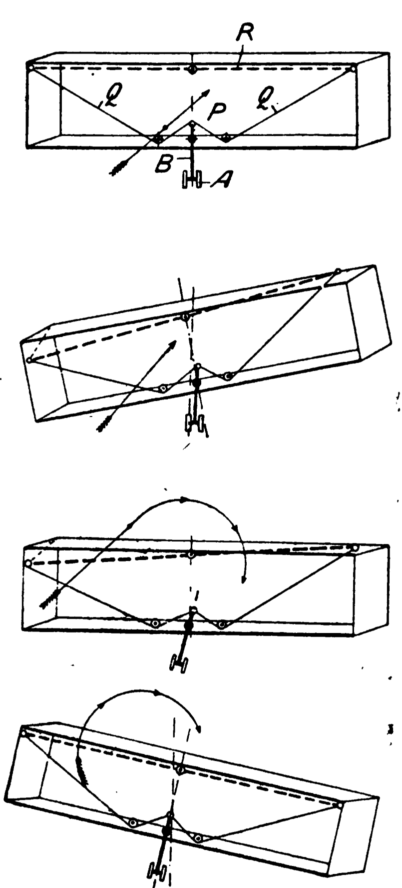


Abb. 34—37.

durch hinsichtlich ihrer Mutter *H* nach außen oder innen und läßt so das Gehäuse *F* um seine Achse *D* ausschwingen, und zwar in dem Sinne, daß der Hebel *P* in die Ebene des Pendels kommt.

Es ist einleuchtend, daß infolge der entgegengesetzten Drehung der Kegelräder $J\,J^1$ das Pendel das Gehäuse in der einen oder anderen Richtung gemäß seiner eigenen Schwingung verschieben wird.

An dem Gehäuse *F* sitzt ein Zapfen *O*, der als Achse für einen Hebel *P* dient, welcher einen Vorsprung *p* trägt. Letzterer dient dazu, im normalen Zustand den Hebel *P* zwischen zwei Ausbuchtungen $f\,f^1$ des Gehäuses *F* festzustellen. Der Hebel *P*, der die Bewegungen mitmacht, welche durch das Pendel auf das Gehäuse *F* übertragen werden, ist durch Kabel *Q* (Abb. 34) mit den Richtflächen *R* des Flugzeuges verbunden.

Der Hebel *P* wird in der vorher beschriebenen Stellung durch eine Feder *S* festgehalten und kann aus derselben freigemacht werden, indem man ihn in die Stellung P^1 (Abb. 32) führt, wodurch dem Führer des Flugzeugs die Möglichkeit gegeben wird, das Richten der Flächen von Hand vorzunehmen.

Auf dem Gabelkopf der Gabel *C* können Arme $T\,T^1$ angebracht werden, welche eine Vertikalfläche *U* tragen (Abb. 32, 39 und 45), deren Verwendung später auseinandergesetzt werden wird.

Die beschriebene Vorrichtung muß bei Anbringung an einem Flugzeug folgenden Bedingungen genügen:

1. Das Pendel darf sich nur verschieben, d. h. bei der Drehung um seine Aufhängungsachse die Lotrechte nur verlassen, wenn es die Trägheit des Kreisels überwindet.

2. Das zur Verfügung stehende Gesamtgewicht muß als Pendelmasse ausreichen.

Diese Bedingungen hängen ab von der Umdrehungsgeschwindigkeit des Kreisels, vom Gewicht der sich bewegenden Schwungräder, von der Lage des Pendels hinsichtlich des Kreisels, vom Gesamtgewicht des Pendels und schließlich von dessen Gesamtlänge. Sind diese Elemente zweckmäßig gewählt, so wird der Kreisel fast vollständig

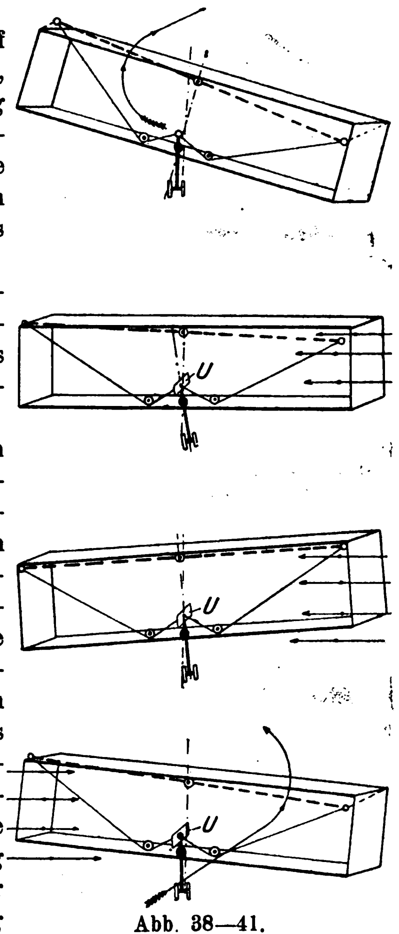


Abb. 38—41.

alle Schwingungen des Pendels hintanhalten, ganz gleich, welchen Erschütterungen oder selbst seitlichen Verschiebungen es unterworfen ist; dagegen wird das Pendel nicht gehindert, seine lotrechte Stellung, falls erforderlich, wieder einzunehmen, und zwar ist hierbei der Drehsinn des Kreisels gleichgültig.

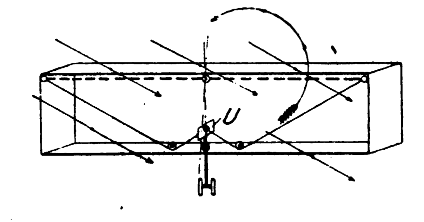
Es muß hierbei bemerkt werden, daß die Kreiseldrehung auf das Pendel verschiedenartige Reaktionswirkung ausübt, je nachdem sich die Schwungräder in dem einen oder in dem anderen Sinne drehen. Drehen sich beispielsweise die Schwungräder im Sinne der Pfeile nach Abb. 32 und 33, so drängt die Reaktionskraft des Kreisels das Pendel hinsichtlich der Bahn die von der Achse des Pendels beschrieben wird, nach innen zu. Wenn sie im entgegengesetzten Sinne rotieren, so würde das Pendel, ohne daß eine äußere Kraft mit wirkt, aus der Bahn herausgedrängt werden.

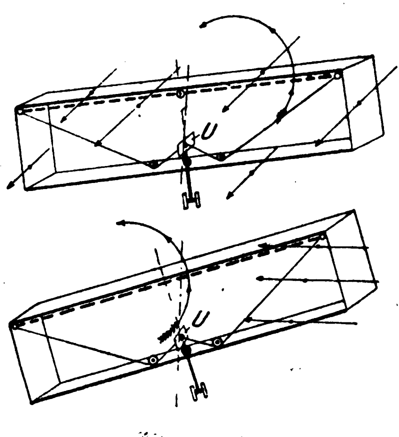
Wenn nun das Flugzeug eine Wendung macht, so greift die Zentrifugalkraft ein und ist bestrebt, im Falle der auf der Zeichnung durch den Pfeil angedeuteten Drehung des Kreisels der Reaktionskraft des Kreisels entgegenzuwirken. Es ist infolgedessen im Falle einer Wendung leicht, die Neigung des Pendels zu regulieren, indem man eine dieser beiden Kräfte mittels eines der oben angegebenen Mittel abändert. Jedenfalls wird die Zentrifugalkraft immer gegenüber der Reaktionskraft des Kreisels überwiegend sein müssen, damit die Neigung, die der Stabilisator annimmt, mit steigender Schnelligkeit und kleinerem

Krümmungsradius der beschriebenen Kurve immer größer wird.

Um die Regelung des Gleichgewichts durch den Stabilisator zu einer vollkommen selbsttätigen zu machen, kann die oben erwähnte Fläche *U* von größerer oder geringerer Bedeutung sein, entsprechend der Neigung, die man erzielen will oder entsprechend der Windstärke, gegen welche das Flugzeug anzukämpfen hat.

Die Verwendung einer derartigen Stabilisierungsvorrichtung kann bei jeder beliebigen Flugzeugbauart angewendet werden, bei welcher Richtflächen vorge-





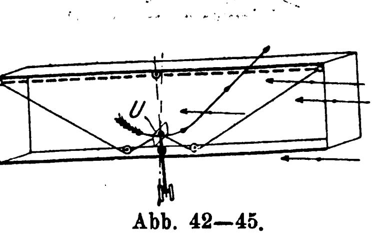


Abb. 42—45.

sehen sind. Mit geringen Änderungen könnte ein und dieselbe Stabilisierungsvorrichtung die Gleichgewichtsbedingungen bei Flugzeugen auf verschiedene Weise verändern, nämlich entweder durch Einwirkung auf die stabilisierenden Vorrichtungen am Flugzeug oder durch Verlegung seines Schwerpunktes oder des Angriffspunktes der Kraft oder schließlich des Widerstandsmittelpunktes. Am meisten ist die Vorrichtung jedoch zum Verstellen von Richtflächen geeignet, die das Gleichgewicht des Gleitfliegers aufrechterhalten sollen oder bei Wendungen für eine geeignete Neigung desselben sorgen sollen. Dieser Antrieb der Richtflächen, der bisher von Hand erfolgte, ist durch Verwendung der beschriebenen Vorrichtung zu einem in jedem Falle selbsttätigen geworden.

Es sollen hier folgende mögliche Fälle in Betracht gezogen werden:

1. Stabilisierung in seitlicher Richtung, wenn sich das Flugzeug in gerader Linie fortbewegt;

2. Stabilisierung bei Wendungen;

3. Stabilisierung unter dem Einfluß des Windes bei geradliniger Fortbewegung;

4. Stabilisierung unter dem Einfluß des Windes bei Wendungen.

1. Bewegt sich das Flugzeug in gerader Richtung (Abb. 34), so befinden sich die Stabilisierungsvorrichtung ebenso wie die Richtflächen *R* im Zustande der Ruhe. Wenn sich aber das Flugzeug auf die linke Seite legt (Abb. 35), so bewirkt das lotrecht bleibende Pendel

eine Verwindung der Flügel, wodurch sofort das Gleichgewicht wieder hergestellt wird.

2. Wenn das Flugzeug eine Drehung ausführt, so sind folgende drei Phasen zu beachten:

a) Bei Beginn der Wendung dreht sich die Vorrichtung nach rechts (Abb. 36), die Zentrifugalkraft wirkt auf den Stabilisator, der nach außen gedrängt wird und führt die Richtflächen in die angegebene Stellung.

b) Bei Fortsetzung der Drehung und vor Annahme der erforderlichen Neigung am Anfang der Wendung befindet sich der Apparat in der in Abb. 37 angedeuteten Gleichgewichtsstellung.

c) Wenn das Flugzeug seine geradlinige Bewegung wieder aufnimmt, so stellt sich der Stabilisator lotrecht ein (Abb. 38) und führt die Richtflächen in die Stellung, die geeignet ist, das Gleichgewicht wiederherzustellen.

Wenn der Wind auf das Flugzeug bläst, ist es ratsam, dieses in eine zweckentsprechende Lage und unter einen geeigneten Winkel zu stellen.

3. Wenn das Flugzeug sich geradlinig bei ruhigem Wetter fortbewegt, so befindet es sich für gewöhnlich in der Gleichgewichtsstellung (Abb. 34); weht aber beispielsweise der Wind von rechts (Abb. 39), so wirkt er auf die Fläche U des Stabilisators ein und stellt diese schief. Dies hat ein Verwinden der Flächen zur Folge, wodurch das Flugzeug gezwungen wird, sich unter geeignetem Winkel (Abb. 40) zu neigen und sich so in die günstigste Stellung zu bringen.

4. Soll schließlich das Flugzeug wenden, z. B. nach links herum, und befindet es sich vor Beginn der Drehung in der in Abb. 41 angegebenen Stellung, so wird bei Beginn der Wendung der Stabilisator nach außen gedrängt und hierdurch auf die Richtflächen einwirken, um das Flugzeug zu neigen (Abb. 42), bis es sich dem Winde (Abb. 43) darbietet.

Nunmehr ändert sich die Richtung des Windes mit Bezug auf das Flugzeug und damit auch die Wirkung, die er auf die Fläche *U* ausübt. Durch diese wird die Neigung des Flugzeuges vermehrt (Abb. 44) bis zu dem Augenblicke, wo dieses bei Annahme der geraden Richtung und bei von rechts wehendem Winde in die Gleichgewichtsstellung (Abb. 45) zurückgeführt ist.

Der

Sparmannsche Kreiselstabilisator

unterscheidet sich von anderen dieser Art dadurch, daß bei der willkürlichen Verstellung einer sonst festen Kreiselachse zwecks Handsteuerung die hierdurch erfolgende Präzessionsbewegung des Kreisels die Steuermittel so verstellt, daß sie die durch die Verstellung der Kreiselachse erfolgende Handsteuerung noch unterstützt. Außerdem ist noch dafür Sorge getragen, daß bei Verstellung der einen Steuerung nicht ein unbeabsichtigtes Inwirksamkeittreten des Stabilisators für die andere Richtung erfolgt, also daß z. B. nicht bei Verstellung des Höhensteuers auch der das seitliche Gleichgewicht regelnde Kreisel mit beeinflußt wird.

Abb. 46 zeigt schematisch den Einbau der Kreisel in ein Flugzeug, Abb. 47 und 48 zeigt eine Ausführungsform des eigentlichen Stabilisators von hinten gesehen und im Grundriß, und die Abb. 49 bis 56 die Einzelteile des Stabilisators, die bei der willkürlichen Steuerung in Betracht kommen.

In ein Flugzeug mit den Tragflächen T^1, T^2 dem Höhensteuer *H* und beispielsweise verwindbaren Flügeln sind zwei Kreisel *A*, *B* eingebaut (Abb. 46), deren senkrechte Drehachse *a* bzw. *b* um die wagerechte Welle *I-I* bzw. 5-5 schwingen können, wobei die Welle *I-1*

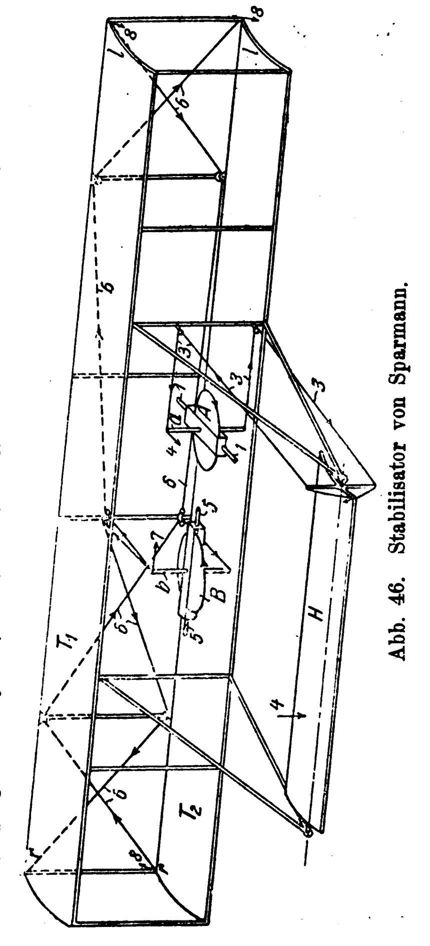


Abb. 46. Stabilisator von Sparmann.

des zur Regelung von Störungen der Längsstabilität bestimmten Kreisels in der Flugrichtung gelagert ist, während die Schwingachse 5-5 des zur Regelung der Seitenstabilität dienenden Kreisels *B* senkrecht zur Flugrichtung verläuft. Die Steuerung geschieht in der Weise, daß der Führer durch Verstellen des Hebels das Flugzeug gegen die Rotationsebene des Kreisels zu verstellen sucht und dabei einen Druck auf den Kreisel ausübt, der darauf eine Präzessionsbewegung ausführt. Durch geeignete Verbindung des Kreisellagerrahmens mit den Steuerflächen wird nun durch deren Verstellen infolge der Präzessionsbewegung des Kreisels die vom Führer durch den Hebeldruck angestrebte Lagenänderung des Flugzeugs vollendet.

Wird dagegen das Flugzeug durch eine Bö aus seiner Lage gebracht, so sucht es den Kreisel mitzunehmen. Die Richtung dieser Bewegung und damit auch der auf den Kreisel wirkenden Kraft ist dabei gerade entgegengesetzt derjenigen, welche entsteht, wenn das Flugzeug durch Steuerung in diese Lage gebracht werden soll. Mithin erfolgt die Präzessionsbewegung des Kreisels und die Verstellung der Steuer so, daß die durch die Bö verursachte Lagenänderung durch eine vom Kreisel bewirkte Steuerstellung wieder ausgeglichen wird.

Das Trägheitsmoment der Kreisel muß verhältnismäßig groß sein, weil ihre Präzessionsbewegung die Steuer verstellen soll; derartige Kreisel haben auch eine große Gyralkraft und mithin den Vorzug, daß

dieselben durch diese eine wesentliche Dämpfung der Schwingungen des Fahrzeuges ausüben. Die Kreisel wirken direkt ohne Hilfsmotor auf die Steuerflächen o. dgl. ein, so daß man gegenüber der Steuerung mit Hilfsmotor das Gewicht des letzteren erspart, wodurch die durch größere Kreisel erzeugte Mehrbelastung ausgeglichen wird. Ferner wird auch die Stärke und Geschwindigkeit der regelnden Wirkung von der Störungskraft abhängig, auch tritt die Regelung sofort in Wirkung, während bei Verwendung eines Hilfsmotors erst eine Schaltvorrichtung verstellt werden muß und ein Zeitraum für das Angehen des Motors erforderlich ist. Ein weiterer Vorteil der unmittelbaren Übertragung liegt in der Unabhängigkeit der Stabilisierung von dem Arbeiten des Antriebsmotors bzw. Hilfsmotors.

Jeder der Kreisel wirkt durch Drahtzüge 3 bzw. 6 oder Gestänge unmittelbar auf die Stabilisierungsflächen, also im dargestellten Beispiel auf das Höhensteuer *H* und die verwindbaren Tragflächenenden *l*, *r*. Es wird also bei Einwirkung einer Störungskraft (Windstoß, Bewegung der Insassen usw.), welche das Fahrzeug im Sinne des Pfeiles 4 zu neigen bestrebt ist, der Kreisel *A* durch seine Präzessionsbewegung in der Richtung der in den Drahtzügen eingezeichneten Pfeile um die Achse *l*-*l* verschwenkt und bewegt die Drahtzüge derart, daß das Steuer *H* durch Vergrößerung des Einfallwinkels die Längsstabilitätsstörung ausgleicht.

In gleicher Weise beeinflußt der Kreisel *B* die Drahtzüge 6 in der Richtung der eingezeichneten Pfeile,

wenn eine Kraft bestrebt ist, das Flugzeug in der Richtung des Pfeiles 7 zu drehen.

Bei der Anordnung von Einzelkreiseln, die durch ihre Präzessionsbewegung stabilisieren, ist es nun erforderlich, daß in dem Flugzeug stets ein Kreisel für die Längsstabilisierung und einer für die Querstabilisierung eingebaut wird, denn wenn man beispielsweise nur für die Erhaltung der Querstabilität einen Kreisel einbaut, so würde dieser auch bei Verdrehung der Fahrzeuglängsachse nach aufwärts oder abwärts, also zur unzweckmäßigen Zeit auf die Querstabilisierungsflächen einwirken, weil bei einer solchen Verlegung der Fahrzeuglängsachse der Abstand

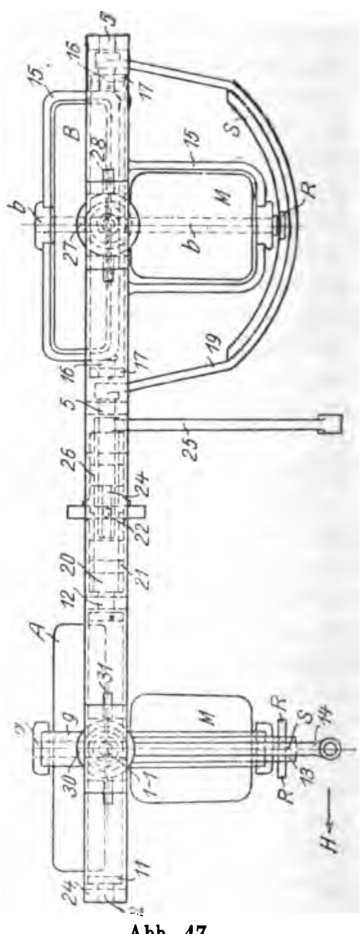


Abb. 47.

zwischen der hierbei im Raum unverrückt bleibenden Kreiselachse *b* und einem Punkt des Fahrzeuges, an welchem die Drahtzüge geführt sind, sich vergrößert oder verkürzt, was eine Verschiebung der Drahtzüge, also eine Verstellung der Querstabilisierungsmittel, zur Folge hätte. Ebenso würde umgekehrt die zur Erhaltung der Längsstabilität dienende Kreiseleinrichtung bei willkürlicher Verdrehung der Fahrzeugquerachse (z. B. in Kurven) eine unerwünschte Tätigkeit aufweisen. Um diese Unerwünschten Verstellungen auszuschalten wird der zum Anschluß der Kreisel an die Drahtzüge, dienende Hebel o. dgl. gleichzeitig mit der willkürlichen oder auch unwillkürlichen Steuerung so verstellt, daß die Steuer in ihrer mittleren Lage verbleiben, trotzdem sich die Stellung der Kreisel gegenüber dem Flugzeug verändert hat.

Um nun eine Handsteuerung und die soeben erwähnte Verstellung des zu dem anderen Kreisel gehörenden Steuerhebels zu ermöglichen, ist der Stabilisator in folgender Weise gebaut.

Jeder der beiden Kreisel *A* und *B* für die Längsbzw. für die Querstabilisierung ist mit seiner senkrechten Achse *a* bzw. *b* in einem senkrechten Ring 9 bzw. 15 gelagert und wird beispielsweise mittels eines innerhalb des Ringes angeordneten Elektromotors *M* in rascher Umdrehung erhalten. Die senkrechten Ringe 9 bzw. 15 sind mit Zapfen 10 bzw. 16 in je einem wagerechten Ring 11 bzw. 17 drehbar gelagert, wobei die Zapfen 10 des Ringes 11 parallel zur Längsachse

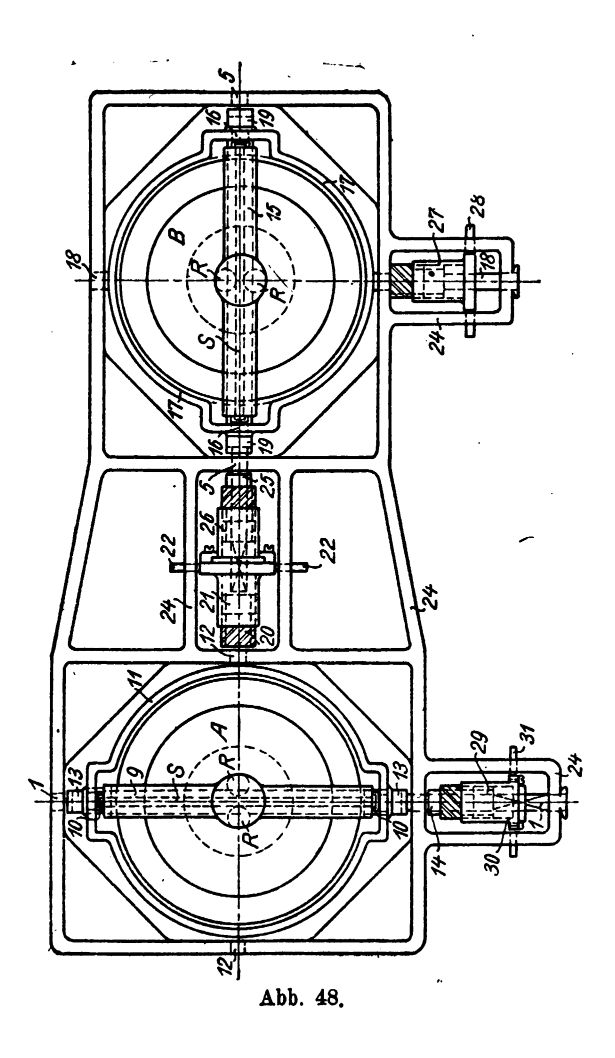


Abb. 48.

und die Zapfen 16 des Ringes 17 senkrecht zur Längsachse verlaufen. Jeder der wagerechten Rahmen oder Ringe 11, 17 ist mit wagerechten Zapfen 12 bzw. 18 in dem gemeinsamen Lagerrahmen 24 gelagert, wobei diese Zapfen, soweit es sich um die selbsttätige Stabilisierung handelt, keine Drehung vollführen, jedoch willkürlich vom Führer aus zwecks Verschwenkung ihrer Horizontalringe gedreht werden können, wodurch eine Höhensteuerung oder eine Änderung der Seitenneigung erzielt wird. Will man nämlich die Höhenrichtung oder Seitenneigung willkürlich ändern, so würde dem die Gyralkraft des Kreisels *A* bei der Höhensteuerung und des Kreisels *B* bei Quersteuerung entgegenwirken. Man muß daher den Winkel zwischen Kreiselachse und Flugzeug entsprechend der gewollten Höhen- bzw. Schrägsteuerung ändern können, was dadurch geschieht, daß sich das Flugzeug um den im Raum durch seine Gyralkraft festgehaltenen Kreisel dreht, wobei gleichzeitig wegen der Trägheit des Fahrzeuges der Kreisel eine Präzessionsbewegung vollführt, welche die Steuerflächen o. dgl. derart verstellt, daß sie in demselben Sinne den Flugapparat zu drehen trachten.

Zur Übertragung der um die Zapfen 10 bzw. 16 stattfindenden Präzessionsbewegung der Kreisel *A* bzw. *B* auf die Übertragungsmittel (z. B. Drahtzug 3 bzw. 6) wird der Ausschlag des Ringes 9 bzw. 15 mittels an demselben angeordneter Rollen *R* auf eine Schiene *S* des Bügels 13 bzw. 19 übertragen. Der Krümmungs-

mittelpunkt dieser Schiene liegt im Schnittpunkt der Kreiselachse mit der durch die zugehörigen Zapfen 12 bzw. 18 gelegten Ebene, so daß die Rollen *R* längs

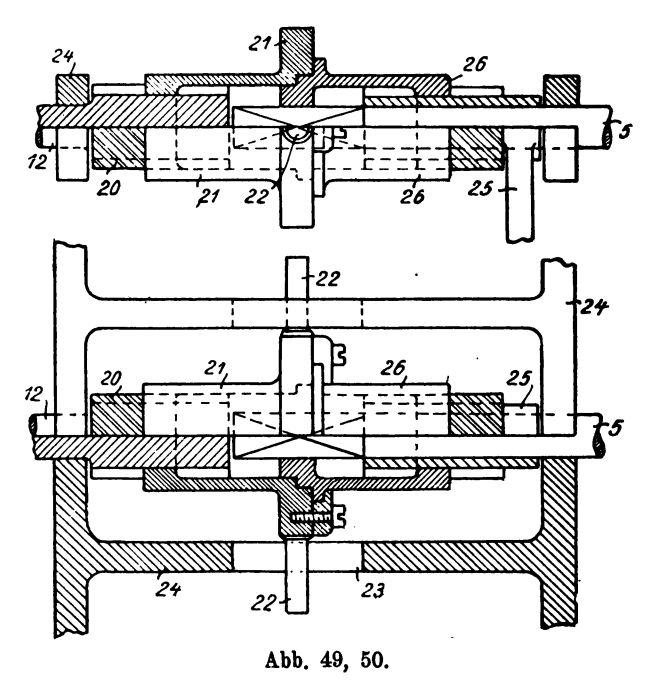


Abb. 49, 50.

der Schienen gleiten können. Die Bügel 13 bzw. 19 sind mit Achsen 1 bzw. 5 in dem Rahmen 24 gelagert, auf denen die Hebel 14 bzw. 25 sitzen, welche die Drahtzüge oder das Gestänge, das Höhensteuer bzw.

die Querstabilisierungsmittel verstellen. Diese Hebel sind jedoch nicht fest auf diesen Achsen angebracht sondern sind durch besondere Teile unter Verwendung je eines Vierkants und eines steilgängigen Schraubengewindes mit diesen Achsen gekuppelt, um bei einer Handsteuerung die schädliche Verstellung des in der anderen Richtung stabilisierenden Kreisels auszuschalten. Es findet also eine Schwenkung des Hebels 14 um seine Achse 1 statt, wenn der Kreisel *B* um die Zapfen 18 geschwenkt wird, und der Hebel 25 wird um seine Achse 5 geschwenkt, wenn der Lenker eine Änderung der Höhensteuerung durch Drehung des Zapfens 12 des Kreisels *A* bewirken will.

Um nun z. B. eine Höhensteuerung herbeizuführen, wird vom Höhensteuerhebel (Höhensteuerrad o. dgl. die Mutter 21, welche mit ihren Zapfen 22 in Schlitzen 23 des Rahmens 24 (Abb. 48 und 49) geführt ist, achsial verschoben; hierdurch findet eine Drehung der zu einer steilgängigen Schraube 20 ausgebildeten Achse 12 statt, was einerseits eine Verstellung des Winkels (Anstellwinkels) zwischen Kreiseldrehachse und Flugzeug und anderseits eine Präzessionsbewegung der Kreiselachse *a* auslöst, die das Höhensteuer verstellt. Die Schraube 20 ist so steilgängig, daß sie gegen eine Drehung der Achse 12 vom Ring 11 aus selbstsperrend wirkt, d. h. bei Einwirkung einer Drehungskraft am Schraubenbolzen 12 ist die achsial wirkende Komponente kleiner als die Reibung und daher nicht imstande, die Schraubenmutter zu verschieben.

Da sich bei dieser Höhensteuerung die Flugmaschine auch um das Gyroskop *B* dreht, würde sich die relative Lage des Hebels 25 zu den Steuerorganen *l*, *r* ändern, was eine unerwünschte Verstellung der Schräglagensteuerung und mithin eine unbeabsichtigte seitliche Neigung des Fahrzeuges hervorrufen würde. Um dieses zu verhindern, wird gleichzeitig der Hebel 25 o. dgl. mittels eines selbstsperrenden Schraubentriebes nicht nur vom Stabilisator *B*, sondern auch von der willkürlichen Steuerung beeinflußbar ausgebildet. Gemäß der gezeichneten Ausführungsform ist der Hebel 25 auf der Achse 5 (Abb. 51), zwar drehbar, aber unverschiebbar gelagert, besitzt auf der Außenseite seiner Nabe ein steiles Schraubengewinde (Abb. 54) und kann von der längs eines vierkantigen Teiles der Achse 5 gerade geführten Schraubenmutter 26 (Abb. 53) verschwenkt werden, und da diese Verschwenkung gleichzeitig mit der Drehung der Achse 12 stattfinden soll, ist es zweckmäßig, die Muttern 21 und 26 miteinander achsial zu verbinden (Abb. 49 und 50), wobei allerdings der Mutter 26 die unabhängige Drehbewegung gewahrt werden muß, damit sich bei der selbsttätigen Seitenstabilisierung ihr Hebel 25 verdrehen kann.

Entsprechend ist eine Einrichtung zur Änderung der seitlichen Neigung, wie sie in Kurven erforderlich ist und die der Stabilisator sonst verhindern würde. Hierzu wird die Welle 18 verdreht, und zwar mittels einer Verschiebung der auf dem gleichfalls steilgängigen Schraubenzapfen verschiebbaren Mutter 27, welche

durch in Schlitzen des Rahmens geführte Zapfen 28 an einer Drehung gehindert ist. Auch hier muß der relativen Lagenänderung zwischen dem Hebel 14 und

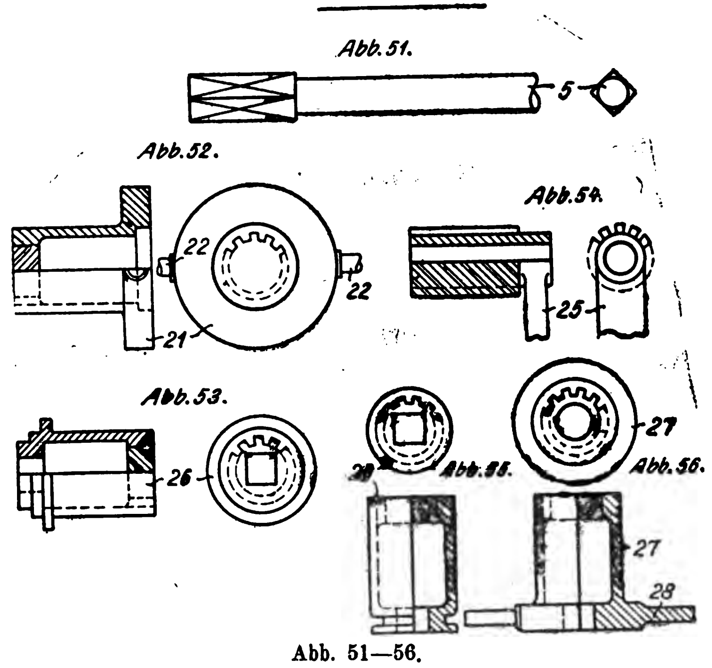


Abb. 51—56.

dem Fahrzeug Rechnung getragen werden, die bei willkürlicher Änderung der Seitenneigung eintreten würde, und es sind daher gleichfalls Einrichtungen getroffen, durch welche eine Verschwenkung des Hebels

14 unabhängig von Achse 1 und Kreisel *A* herbeigeführt werden kann. Zu diesem Zweck sitzt der Hebel 14 lose drehbar aber achsial unverrückbar auf dem runden Teil der Welle 1, während der kantige Teil dieser Welle der Mutter 29 (Abb. 48 und 55) zur Führung dient, die überdies durch die Zapfen 31 in Schlitzen des Rahmens 24 geführt wird; da diese Welle sich jedoch auch bei automatischer Höhensteuerwirkung des Kreisels *A* drehen muß, um ihre Drehbewegung auf den Hebel 14 zu übertragen, sind die Führungszapfen 31 an einem in einer Ringnut der Muffe angreifenden Ring 30 angeordnet.

Um schließlich unter Umständen bei vollem Umlauf der Kreisel ihre stabilisierende Wirkung auszuschalten, können bei diesem Doppelkreiselstabilisator Einrichtungen vorgesehen sein (z. B. Bremsen, Sperrwerke und ähnliches), durch welche die Achsen 1-1 bzw. 5-5 festgestellt und mithin die Präzessionsbewegungen verhindert werden.

Sonstige Konstruktionen.

Die Stabilisierungsvorrichtung von Newton Broth Converse in Fresno U. S. A. ist derart, daß die Stabilisierungsflächen durch Schließen eines elektrischen Stromes verstellt, jedoch vor Rückkehr des Flugzeugs in seine Mittellage zwecks Verhinderung des Übersteuerns wieder wirkungslos werden.

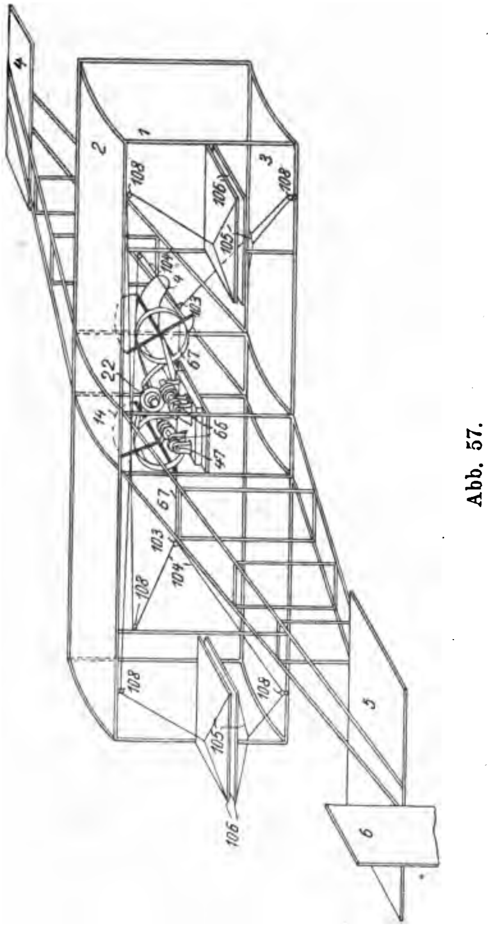


Abb. 57.

Das neue und wesentliche der Erfindung liegt darin, daß ein den Stromschluß in Verbindung mit einer Quecksilberwage bewirkender Kontaktstift vom Quecksilber entfernt wird, sobald die Stabilisierungsmittel zur Stabilisierung verstellt werden, und der Quecksilberwage wieder genähert wird, sobald die Stabilisierungsmittel in ihre Mittellage zurückkehren.

Gemäß der Erfindung wird zu diesem Zweck der Kontaktstift von einer Kurvenscheibe verschoben, die auf der die Stabilisierungsseile verstellenden Welle sitzt. Durch Änderung der Form der Kurvenscheibe ist man in der Lage, die Bewegung des Kontaktstiftes gegenüber der Bewegung der Hilfsflächen in weiten Grenzen zu regeln.

Abb. 57 zeigt eine schaubildliche Ansicht des Flugzeugs mit den für die Erfindung wesentlichen Teilen, Abb. 58 eine Draufsicht auf die Stabilisierungsvorrichtung, Abb. 59 eine Endansicht dazu, Abb. 60 eine Schaltung, Abb. 61 einen senkrechten Schnitt nach der Linie 8-8 der Abb. 58, Abb. 62 eine Seitenansicht zu Abb. 61, Abb. 63 einen senkrechten Schnitt durch die Kontakteinrichtung, und Abb. 64 einen senkrechten Längsschnitt nach der Linie 7-7 der Abb. 58.

In Abb. 57 bedeutet 1 das Gestell eines Doppeldeckers mit den oberen und unteren Tragflächen 2, 3, dem vorderen und hinteren Höhensteuer 4 und 5 und dem Seitensteuer 6. Die Propeller und sonstigen für die Erfindung nebensächlichen Teile sind nicht mitgezeichnet. In der Mitte des Flugzeuges sind Windmotoren 14 unter-

gebracht, die zum Antrieb eines elektrischen Stromerzeugers 22 dienen (Abb. 58). Auf der Welle desselben ist ein Zahrad 25 angeordnet, das mit Zwischenzahnrädern 26 in Eingriff steht, die mit Zahnrädern 29 zusammenarbeiten. Diese sind am Gehäuse 31 der elektromagnetischen Kupplungen 32 angeordnet, welche auf den hohlen Wellen 36 sitzen. Jedes Gehäuse enthält eine Wicklung 35 (Abb. 64). Jede hohle Welle 36 enthält die Zu- und Ableitung der Wicklung, deren Enden mit Kollektorringen 42 verbunden sind, die über Schleifbürsten 44 den Strom vom Stromerzeuger empfangen.

Der Anker 46 des Elektromagneten ist verschiebbar auf dem einen Ende einer Welle 47 angeordnet und wird gewöhnlich von dem Elektromagneten durch eine Schraubenfeder 48 abgehalten. Jede Welle 47 trägt zwei Führungsscheiben 66 zur Aufnahme eines Bandes 67 und außerdem eine Schnecke 68, in die ein Schneckenrad 69 eingreift, welches auf der Welle 70 (Abb. 61) sitzt, die drehbar gelagert ist. Die Übersetzung durch die Schnecke ist derart, daß die Welle 70 beim Aufwickeln oder Abwickeln höchstens eine halbe Umdrehung ausführt. In Lagern 72 ist eine Gleitschiene 73 (Fig. 62) senkrecht verschiebbar. Die Welle 70 trägt an ihrem Ende, der Gleitschiene benachbart, eine Kurvenscheibe 75, an welcher zwei an der Gleitschiene befestigte Rollen 75 anliegen.

An der Gleitschiene 73 sind Arme 76 befestigt, welche eine Isolierhülse 80 tragen, in der ein aus Stahl bestehender Kontaktbolzen 81 befestigt ist. Das untere

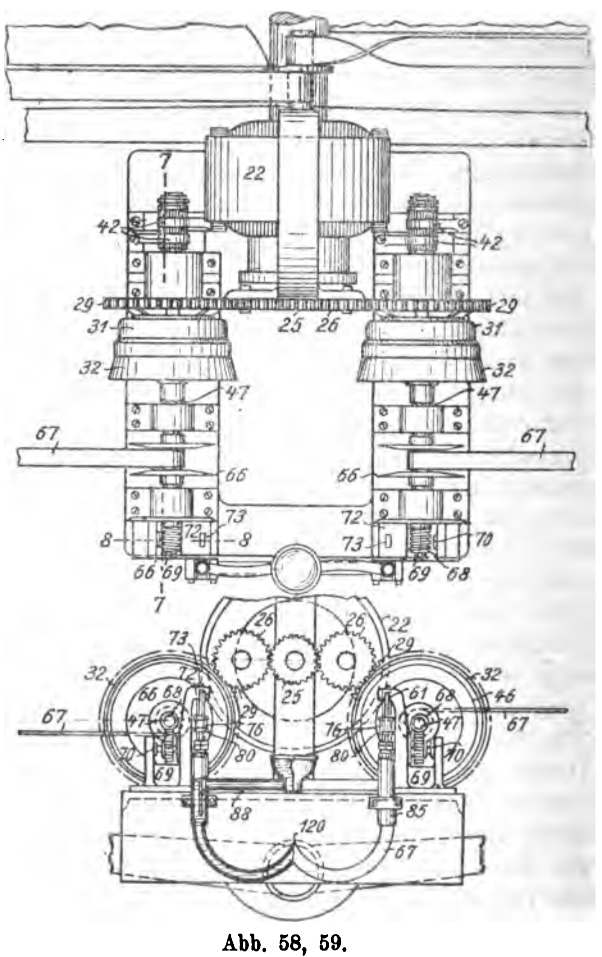

7
22
42
42
29
25
26
29
31
31
32
32
47
47
67
67
66
66
73
72
72
8
8
73
70
66
69
69
68
7
26
26
22
29
73
72
32
32
66
68
61
68
46
67
47
47
67
29
76
76
25
80
80
70
70
69
69
88
85
120
67

Abb. 58, 59.

Ende dieses Kontaktbolzens endigt in einem mit Isolierstoff 82 umkleideten Kontaktstift, dessen äußerstes Ende eine Platinspitze 83 trägt. Diese Kontaktbolzen 81 enden in Rohren 85, die durch ein gebogenes Quecksilberrohr 87 untereinander verbunden sind, über welchem eine wagerechte Ölleitung 88 liegt. In dem unteren Rohr 87 ist so viel Quecksilber enthalten, daß bei mittlerer Lage des Flugzeuges die Wage in beiden Rohren etwa dort liegt, wo das gekrümmte Verbindungsrohr 87 seinen Anfang nimmt, und zwar hat, wie ersichtlich, das Rohr 87 einen etwas geringeren Durchmesser als das Rohr 85. Bei mittlerer Lage des Flugzeuges stehen also die unteren Enden der Kontaktbolzen gerade noch außerhalb des Quecksilbers.

Die freien Enden der erwähnten Bänder 67 tragen Rollen 103 (Fig. 57), und über jede Rolle läuft ein Seil 104, das weiterhin über Rollen 108 geführt ist. Die Enden der Seile sind mit der Mitte von Schnüren 105 verbunden, deren Enden an den hinteren Kanten zweier dicht übereinanderliegender Stabilisierungsflächen 106 befestigt sind. Die vorderen Kanten dieser Flächen sind am Flugzeuggestell drehbar angeordnet. Die Seilführung ist derart, daß jedes Seil 104 mit der unteren Hilfsfläche 106 auf der einen Seite des Flugzeuges und der oberen Hilfsfläche auf der anderen Seite in Verbindung steht, und daß mit jeder unteren Hilfsfläche der einen Seite die obere Hilfsfläche der anderen Seite nach der entgegengesetzten Richtung bewegt wird.

Die Schaltung ergibt die Fig. 60; danach ist das Quecksilber im Rohr 87 mit dem negativen Pol des Stromerzeugers 22 durch Draht 109 verbunden, während

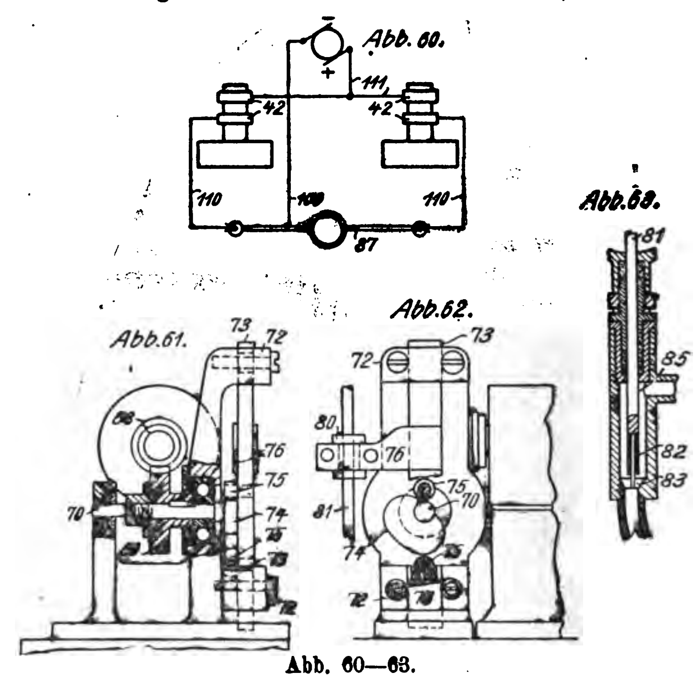


Abb. 60—63.

jeder der beiden Kontaktbolzen durch einen Draht 110 mit einem der auf derselben Seite liegenden Kollektorringe 42 verbunden ist. Der andere dieser Kollektorringe ist dagegen durch einen Draht 111 mit dem

positiven Pol des Stromerzeugers in Verbindung gebracht.

Die Wirkungsweise ist nun folgende:

Neigt sich das Flugzeug nach einer Seite, so wird auf dieser Seite zwischen dem Quecksilber und der Platinspitze 83 ein Kontakt gebildet. Dadurch wird der auf derselben Seite liegende Stromkreis, der durch die entsprechende Kupplung geht, geschlossen und die Kupplung erregt, so daß die zugehörige Welle 47 in Drehung gesetzt und das Band auf dieser Seite aufgewickelt wird. Das hat zur Folge, daß die untere Hilfsfläche auf der zugehörigen Seite gesenkt und die obere Hilfsfläche auf der entgegengesetzten Seite

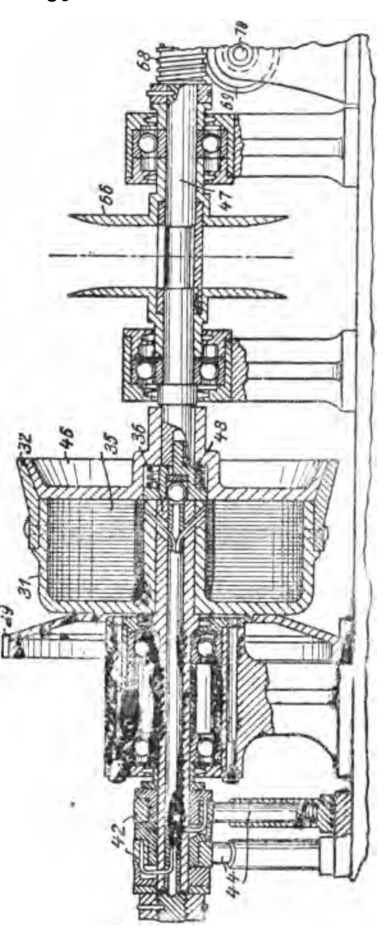


Abb. 64.

gehoben wird. Dies veranlaßt eine aufrichtende Be wegung des Flugzeuges.

Um nun ein Übersteuern zu vermeiden, wird gemäß der Erfindung beim Schließen des Stromkreises auch die Schnecke 68 in Tätigkeit gesetzt, die die Welle 70 dreht, so daß der Kontaktzapfen durch die Kurvenscheibe 74 aus dem Quecksilber herausgehoben wird. Wenn sich daher das Quecksilber in dem unteren Rohr 87 nach der einen oder anderen Seite hin verschiebt und mit dem entsprechenden Bolzen 81 einen Kontakt bildet, so wird durch Herausziehen dieses Kontaktzapfens der elektrische Stromkreis wieder unterbrochen, sofern das Flugzeug sich nicht schon vordem wieder aufgerichtet hat und der Stromkreis auf diese Weise von selbst unterbrochen worden ist. Diese Unterbrechung ist aber, wenn das Flugzeug noch nicht in die normale Lage gelangte, nicht eine dauernde, denn der Kontaktzapfen wird in folgender Weise wieder nach abwärts bewegt: Bei Unterbrechung des Stromkreises hört die Welle 47 auf, das Band aufzuwickeln, dagegen veranlaßt der auf die Hilfsflächen wirkende Wind eine Zurückbewegung der Hilfsflächen und dadurch ein Abwickeln des Bandes, so daß der Kontaktzapfen, da die Welle 70 sich zurückdreht, sich senkt und so wieder mit dem Quecksilber in Berührung kommt. Das Spiel wiederholt sich also alsdann und das Flugzeug wird stufenweise in die mittlere Lage zurückgebracht.

Durch entsprechende Ausbildung der Kurvenfläche der Kurvenscheibe 74 ist man in der Lage, wie ohne

weiteres verständlich, die Bewegung des Kontaktzapfens gegenüber der Bewegung der Hilfsflächen in weiten Grenzen zu regeln. Die eigenartige Gestalt des Rohres 87 mit der Spitze 120 in der Mitte soll die Reibung des Quecksilbers im Rohre vergrößern und verhindern, daß das Quecksilber pendelartig hin- und herschwingt.

Der Kreiselstabilisator von Robert Esnault-Pelterie.

Dieser Gleichgewichtsregler soll deshalb nicht unerwähnt bleiben, weil seine Konstruktion eine verhältnismäßig einfache ist. Er besteht aus zwei Einheiten mit je einem Kreisel, von denen die in Abb. 65 dargestellte Einheit zur Schräglagenregelung, der Kreisel in Abb. 66 dagegen zur Höhenlagenregelung dient.

Der Kreisel *A* (Abb. 65) ist in einem Rahmen *b* gelagert, der durch federnde Organe *l* in der Mittellage gehalten wird. Der Antrieb des Kreisels erfolgt durch eine biegsame Welle *m*. Die Drehachse *a-a* des Rahmens *b* liegt horizontal und senkrecht zur Flugrichtung. Das untere Achsende des Kreisels ist durch eine Stange *c* mit einem zweiteiligen Winkelhebel dd^1 verbunden, der auf einer fixen Welle drehbar und senkrecht zur Flugrichtung gelagert ist.

An dem Arm d^1 dieses Winkelhebels ist eine Stange *e* angelenkt, welche mit einem Ende e^1 der Stange *f* in gelenkiger Verbindung steht. An dieser Stange ist die

mit dem dreiarmigen Hebel *j* verbundene Stange *g* angelenkt. An den Armen dieses Hebels *j* sind die Steuerzüge *k* für die Hilfssteuerflächen befestigt. Die Dreh achse des Hebels liegt in der Flugrichtung.

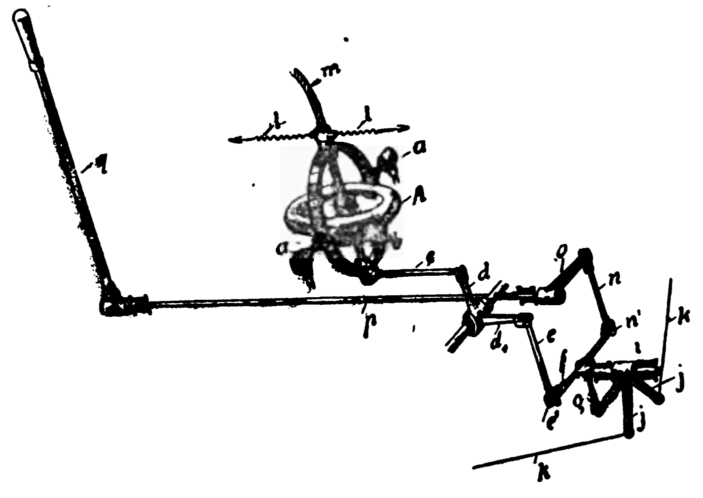


Abb. 65. **Kreiselstabilisator von R. Esnault-Pelterie. Schräglagenregelung.**

Das zweite Ende n^1 der Stange *f* steht durch das Gestänge *n o* und die Welle *p* mit dem Handsteuerhebel *q* in Verbindung. Dieser ist selbstsperrend ausgebildet.

Schwingt nun das Flugzeug um seine Längsachse, so muß der Rahmen *b* des Kreisels mitschwingen. Die dadurch hervorgerufene Präzessionsbewegung der Kreisel-

achse hat eine Drehung des Rahmens *b* um die Achse *a-a* zur Folge, was wiederum mit Hilfe des Gestänges und des Dreiarmhebels das Verstellen der Hilfsteuerflächen bewirkt. Das Flugzeug schwingt nun in seine Normallage zurück, welche Bewegung eine der früheren entgegengesetzte Präzessionsbewegung hervorruft, so daß die Kreiselachse zugleich mit dem Flugzeug in ihre Normallage zurückgelangt. Während dieser automatischen Regelung kann der Handhebel *q* festgestellt werden.

Abb. 66 zeigt schematisch die Verbindung des Längsstabilisators mit dem Höhensteuer. Die Wirkung ist hier ähnlich wie bei der Schräglagenregelung. Beim Gleiten oder Steigen des Flugzeuges erfolgt eine Lagenänderung des Rahmens *b*. Durch die Präzessionsbewegung der Kreiselachse wird das Gestänge *r s t* und durch dieses das Höhensteuer *B* verstellt.

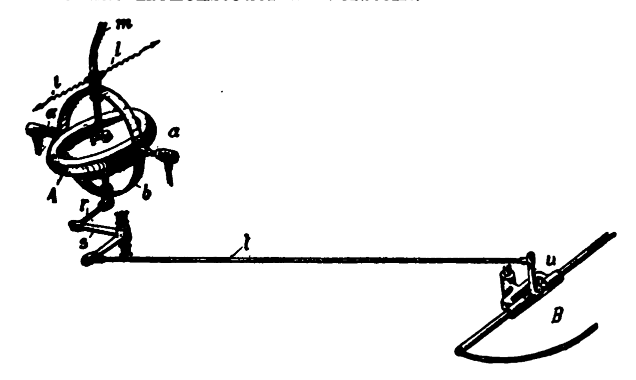


Abb. 66. Kreiselstabilisator von R. Esnault-Pelterie. Höhenlagenregelung.

Bemerkt sei hier, daß von der Kreiselstabilisierung oft zu große Leistungen erhofft werden. Man vergesse nicht, daß der Schiffskreisel, obwohl nicht unwirksam, Torpedoboote und ähnliche kleinere Fahrzeuge, arg in ihrem Gefüge schädigte. Ebenso bekannt sind die Unfälle bei Flugzeugen, die auf Rechnung der Kreiselwirkung ihrer Umlaufmotoren gesetzt werden müssen. Daher wird die Wirkung der Stabilisierungskreisel auf das zarte Gefüge der Flugzeuge immer eine schädigende und die Lebensdauer der Maschine stark beeinträchtigende sein. Deshalb wird man schon aus diesem Grunde von dem Einbau größerer Kreisel absehen und sich mit der korrigierenden Leistung kleinerer Kreisel begnügen müssen.


HUTTENLOCHER-PFEIL-STANDMESSER
SYSTEM LAUFER
DER VOLLKOMMENSTE INHALTMESSER FÜR GESCHLOSSENE BEHÄLTER JEDER ART
HUTTENLOCHER u. KROGMANN G.M.B.H.
BERLIN-CÖPENICK
LIEFERANT FÜR HEER UND MARINE

Druck von C. Schulze & Co., G. m. b. H., Gräfenhainichen.

BASSE & SELVE Altena (Westf.)

B&S

SELVE FLUGMOTOR

Aluminium-
Kolben

Stangen, Rohre, Bleche aller Metalle
Kühlerröhrchen

Aluminium- u. Eisen-
Kokillenguß
([illegible])
[illegible] bearbeitet.

MANNESMANN MULAG

MOTORLASTWAGEN
MOTOROMNIBUSSE
MOTORPFLÜGE
FLUGMOTORE

MANNESMANN-MULAG-AKT:GES:AACHEN





Zenith
Vertikal

Schnittplakat



Verlangen
Sie

Type DEF



Zenith
Horizontal

ZENITH-VERGASER

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

…drich-Straße 37

